

Encyklopädisches Handbuch

des

Maschinen- und Fabrikenwesens

für

Kameralisten, Architekten, Künstler, Fabrikanten und Gewerbtreibende
jeder Art;

nach den

besten deutschen, englischen und französischen Hülfsmitteln bearbeitet

von

Carl Hartmann,

der Philosophie Doktor, Herzoglich Braunschweigischem Bergcommissair, mehrer Gelehrten- und Gewerbsvereine Mitgliede 2c.

Ersten Theiles erste Abtheilung,

enthaltend eine einleitende Uebersicht der Grundsätze des Maschinen- und Fabrikenwesens, allgemeine Bemerkungen über die Kräfte und die specielle Beschreibung der Handmühlen, Treträder, Roßmühlen, Windmühlen, Wasserräder, Wassersäulen-, und Dampfmaschinen.

Mit 24 lithographirten Tafeln.

Leipzig & Darmstadt.

Druck und Verlag von Carl Wilhelm Leske.

1838.

Vorrede.

Die anerkannte Nützlichkeit und auf der andern Seite der Mangel eines, dem jetzigen Zustande der Wissenschaften und Gewerbe entsprechenden, Handbuchs über zwei sehr umfassende, aber auch sehr ins Leben schlagende Fächer, das Maschinen- und das Fabrikenwesen und endlich die Voraussetzung, daß durch die Ausarbeitung eines solchen eine fühlbare Lücke in der technischen Literatur ausgefüllt werden würde, haben zur Entstehung des gegenwärtigen Werkes den ersten Anlaß gegeben. Die Idee dazu ging von dem Herrn Verleger aus, der in den letztern Jahren ein Hauptaugenmerk auf die immer wichtiger werdende technische Literatur gerichtet hat; er beabsichtigte aber anfänglich nur eine deutsche Uebersetzung von dem, 1836 zu London erschienenen:

„Treatise on the Manufactures and Machinery of Great Britain, by *Peter Barlow*. To which is prefixed, an introductory View of the Principles of Manufactures, by *Charles Babbage*,“

welches Werk drei Bände der „Encyclopaedia Metropolitana“ bildet, und es hatte ihm der Herr Oberbaurath Heß zu Darmstadt, der rühmlichst bekannte Bearbeiter von Rondelet's l'Art de bâtir, seine bedeutende Hülfe dabei zugesagt.

Das Barlow'sche Werk enthält aber, obwohl es im Allgemeinen ein ganz vortreffliches Buch ist, seiner Bestimmung gemäß, nur Beschreibungen solcher Maschinen und Fabrikationen, die in Großbritannien erfunden worden sind. Wie bedeutend die Verdienste dieses großartigen Fabriklandes um alle technischen Erfindungen und Verbesserungen nun auch immerhin sein mögen, wenn sich auch ferner nicht verkennen läßt, daß sehr viele Reformen beim Maschinen- und Fabrikenwesen im Allgemeinen von dort ausgegangen sind, so ist denn doch auch auf dem Festlande in neuerer Zeit so sehr viel in jenen Fächern geschehen, daß eine bloße Uebersetzung jenes Werks nur sehr einseitigen Werth für Deutschland haben konnte. Auch enthält es zuviel Geschichtliches, was für das Publikum eines rein technischen Werks nur geringeres Interesse hat.

Aus diesem Grunde machte ich daher dem Herrn Verleger den Vorschlag zu einem Werke, wie es der Titel bezeichnet, über dessen Plan ich sogleich weiter reden werde; er ging auf meine Vorschläge ein, und die Arbeit sollte unter Mitwirkung des Herrn Heß begonnen werden, als dieser würdige Mann nach kurzem Krankenlager, im 51sten Jahre seines thätigen Lebens, einem bösartigen Nervenfieber unterlag, so daß das bedeutende Werk, von welchem ich hier die erste Abtheilung, nicht ohne einige Scheu, da ich die großen Schwierigkeiten einer befriedigenden Lösung der Aufgabe sehr wohl einsehe, dem Publikum hiermit vorlege, mir allein obliegt.

Die allgemeinen Begriffe aus der reinen und angewandten Mathematik, aus der Physik, Chemie und Naturgeschichte, muß ich als bekannt voraussetzen; sie dürfen überhaupt keinem Gewerbtreibenden fehlen, der über den engen, jetzt nur noch mit Schaden zu betretenden Kreis der Empirie hinausgehen will. Uebrigens aber habe ich, stets das Publikum berücksichtigend, welchem das Werk bestimmt ist, das Praktische überall hervorzuheben gesucht, ohne das Wissenschaftliche zu vernachlässigen. Von Formeln konnten aus den obigen Gründen nur leicht faßliche angewendet werden; sie sind ja ohnehin nicht die Hauptsache bei dem mathematischen Theile des Maschinenwesens, da nur wenige, aus der Erfahrung abgeleitete, wahren Werth für den ausführenden Mechaniker haben.

Die Anordnung des Werks ist folgende:

Der erste Theil handelt von dem Maschinenwesen, d. h. von solchen Maschinen, die eine allgemeinere Anwendung haben und nicht nur einzelnen Fabrikationszweigen angehören. Es zerfällt dieser

erste Theil in drei Abtheilungen, bei welcher Eintheilung hauptsächlich der Zweck im Auge behalten worden ist, die Anschaffung des Werks zu erleichtern, da eine jede Abtheilung ein selbstständiges Buch bildet, und für sich ausgegeben werden wird.

Die erste Abtheilung handelt, nach Vorausschickung einer allgemeinen Uebersicht der Grundsätze des Maschinen- und Fabrikenwesens nach Professor Babbage's geistreicher Arbeit, in Barlow's Werk,* von den bewegenden Kräften im Allgemeinen, von den Hindernissen der Bewegung, von den Elementartheilen der Maschinen, von der Anwendung der Menschen- und Thierkräfte, von den Windmühlen, von den Wasserrädern, von den Wassersäulenmaschinen und von den Dampfmaschinen und ihrer Anwendung auf die Schifffahrt. Von dem Elektromagnetismus, der erst kürzlich in die Reihe der bewegenden Kräfte getreten ist, wie uns das eben erschienene zweite Septemberheft d. J. von Dingler's polytech. Journal in einem recht interessanten Artikel aus dem New-York Herald erzählt, konnte ich noch nicht reden, bin aber vielleicht im Stande, darüber etwas Bestimmtes in der dritten Abtheilung aufzunehmen, indem die Kraft zur Bewegung eines Eisenbahnwagens angewendet worden ist.

In der zweiten Abtheilung wird die Beschreibung verschiedener im gemeinen Leben, in dem Gewerbs- und Fabrikenwesen angewendeten Maschinen gegeben werden, als: der Wagenwinden, Krahne, Rammen, Pumpen, Feuerspritzen, Schrauben-, Keil-, Kniehebel- und hydraulischen Pressen, der Buchdruckerpressen und Buchdruckermaschinen, der Holz- und Marmor-Schneidmaschinen, Furnirschneidmaschinen, der Farbe-, Loh- und Tabaksmühlen rc.

Die dritte Abtheilung handelt von den Eisenbahnen und dem Transporte auf denselben mittelst Thier- und Dampfkräften. Dieser wichtige Theil der Technik durfte hier nicht übergangen werden, obwohl der Plan des Werks nur eine gedrängte Beschreibung von diesem, Zeit und Entfernung gänzlich verändernden, Vehikel zu geben gestattet.

Der zweite Theil des Werks, der bei weitem stärkere, umfaßt das Fabrikenwesen, und zerfällt in zwei Abtheilungen. Die erste derselben handelt von der Gewinnung und Verarbeitung der in den Künsten und Gewerben angewendeten Metalle, und zerfällt wiederum in fünf Abschnitte. Der erste derselben ist der Gewinnung von Roheisen, Stabeisen, Stahl, Kupfer, Zink, Zinn, Blei, Messing, Tombak, Bronze, Argentan, Silber, Gold und Platin gewidmet; es werden in derselben die Schmelzöfen, Heerde, Gebläse und die verschiedenen Prozesse, um die genannten Metalle darzustellen, beschrieben. — Der zweite Abschnitt handelt von der Gießerei, als einer ersten Stufe der Verarbeitung der Metalle, und es werden dabei alle zur Gießerei und Förmerei des Eisens, Messings, der Bronze, des Bleies, Zinnes, Silbers und Goldes erforderlichen Formen, Oefen und sonstigen Apparate beschrieben werden. — In dem dritten Abschnitte wird von dem Schmieden, Walzen und Ziehen des Eisens und der andern Metalle, zu Stäben, Blech, Draht, Röhren rc., so wie von den dazu erforderlichen Hammer- und Walzwerken, Ziehbänken, Glühöfen rc. geredet. — Zu der feinern Ausarbeitung der Metallfabrikate, sind eine Menge von Maschinen und Vorrichtungen, als Scheeren, Durchschnitte, Durchschläge, Dreh- und Bohrbänke, Dreh- und Bohrmaschinen, Hobel- oder Feilmaschinen, Schraubenschneidmaschinen, Theil- und Schraffirmaschinen u. s. w., u. s. w. erforderlich, von denen und den verschiedenen Manipulationen mit denselben in dem vierten Abschnitte geredet werden wird. — Der fünfte endlich wird sich mit der Beschreibung wichtiger einzelner Metallfabrikationen, wie z. B. der Nägel, Nadeln, Ketten, Münzen, Kleiderknöpfe, Schlösser, Feuergewehre, Schneidwaaren, gezahnten Räder, Uhren u. s. w. beschäftigen.

Die zweite Abtheilung des zweiten Bandes, gleich wichtig, wie die erste, wird alle übrigen Fabrikationszweige, oder die Verarbeitung verschiedener Mineral-, Pflanzen- und Thierstoffe umfassen. Es gehören hierher die Fabrikation des Glases, der Ziegeln, der Töpferwaaren, der Fayence, des Steingutes, des Porzellans; die Bereitung des Leuchtgases, die Gewinnung des Oels, die Darstellung des Mehles; die Papierfabrikation; die Verspinnung des Flachses, Hanfs, der Baumwolle, Wolle und

* Es ist diese Einleitung ein Umriß von dem, was Herr Babbage in der, in mehren Auflagen, 1832 und 1833 erschienenen, »Economy of Machinery and Manufactures« — unter dem Titel: »Ueber Maschinen- und Fabrikenwesen,« deutsch bearbeitet vom Dr. Friedenberg in Berlin (1833) — weitläuftiger entwickelt hat. Diese deutsche Uebersetzung habe ich bei Bearbeitung der Einleitung mit zu Rathe gezogen.

Seide zu Garnen, die Verwebung derselben zu Zeugen verschiedener Art, die Bleichkunst, Färberei, Zeugdruckerei, die Hutmacherkunst; die Gerberei, die Zuckerfabrikation, die Salzgewinnung, Branntweinbrennerei, Essig- und Bierbrauerei u. s. w., u. s. w. — Den Beschluß des Ganzen, welches ungefähr 120 Bogen und eben so viel lithographirte Tafeln umfassen und im Laufe des Jahrs 1838 vollendet sein wird, soll ein sorgfältig ausgearbeitetes Register machen, um den Gebrauch des Werks als Handbuch möglichst zu erleichtern.

Der Zweck des Werks ist schon auf dem Titel deutlich ausgesprochen worden; es gehört zu der in Deutschland noch immer nicht sehr zahlreichen Klasse von Schriften, die als Handbuch und Lesebuch für ein größeres Publikum und zu dessen Selbstunterricht und Belehrung bestimmt sind; allein auch der eigentliche Wissenschaftsmann wird es nicht unbefriedigt aus der Hand legen. Für ihn sind auch die weitern Nachweisungen von Schriften, in denen die verschiedenen Zweige weitläuftiger behandelt worden, bestimmt. Von besonderm Nutzen wird das Buch ferner Lehrern und Schülern in Gewerbs- und polytechnischen Schulen sein, erstern, um sich zu dem mündlichen Vortrage vorzubereiten und den Schülern Werkzeuge, Maschinen, Oefen, Prozesse 2c., mit Hülfe der vielen Abbildungen, durch Kreide-Zeichnungen an der Tafel zu erklären, indem jene in den Lehrbüchern nur angedeutet sein können; den Schülern zur Wiederholung des von dem Lehrer Vorgetragenen. Die Repetition mit Hülfe eines solchen Werks ist stets zweckmäßiger, als die mittelst eines nachgeschriebenen Heftes, dessen Niederschreiben die Schüler oft abhält, den Demonstrationen des Lehrers mit Modellen und Abbildungen die gehörige Aufmersamkeit zu widmen. Dies ist aber bei technischen Vorträgen um so mehr zu berücksichtigen, indem dabei der Schüler eben so viel sehen als hören soll. Um den Werth des Werkes bleibender zu machen, soll von Zeit zu Zeit, etwa alle Jahr, ein Supplementheft folgen, welches auf wenigen Bogen die wichtigsten neuen Erfindungen und Verbesserungen im Maschinen- und Fabrikenwesen enthalten und einen Jahresbericht derselben bilden wird. Da die technischen Journale Alles aufnehmen müssen, so ist solch eine Auswahl des Bessern und Geprüftern vielleicht von großem Nutzen.

Was nun die dem Werke beigegebenen lithographirten Abbildungen betrifft, deren sehr gelungene Ausführung den lithographischen Anstalten des Herrn Donndorf in Frankfurt a. M., Frommann in Darmstadt und Lehnhardt in Mainz zu großer Ehre gereicht, so darf man in denselben keine genauen Werkzeichnungen der Maschinen, Werkzeuge u. s. w. für den ausführenden Mechaniker suchen, indem solche dem Zwecke des Werkes gänzlich entgegen sein würden. Da aber Abbildungen der Art ein sehr wesentliches Bedürfniß der deutschen technischen Literatur sind, so freue ich mich, versichern zu können, daß diese Lücke jetzt auf die befriedigendste Weise ausgefüllt wird. Herr Hector Rößler, Secretär des Gewerbvereins und Lehrer an der höhern Gewerbsschule zu Darmstadt, ist mit „Musterblättern von Maschinenbauzeichnungen, zum Gebrauch für Mechaniker, Gewerbsschulen und Gewerbsvereine" beschäftigt. Sie werden in 5 bis 6 Heften, jedes von 10 lithographirten Blättern in Großfolio, mit erläuterndem Text, bei dem Verleger dieses Werks, und das erste Heft wird gleichzeitig mit der vorliegenden Abtheilung erscheinen. Die Franzosen besitzen schon längere Zeit solch ein Werk in:

Leblanc, Choix de Modèles appliqués à l'enseignement du Dessin de Machines, avec un texte descriptif. 60 planches. Paris, 1830.

Leblanc war Professor am Conservatorium der Künste und Gewerbe zu Paris und hat sich durch seine trefflichen Kupferwerke um die Technik sehr verdient gemacht. — Seine Wittwe giebt jetzt ein ähnliches Werk, „Le Mécanicien constructeur," heraus, und mehre andere Werke von ihm citiren wir noch weiter unten.

In Beziehung auf die, meinem Werke beigegebenen Abbildungen muß ich ferner bemerken, daß ganz Bekanntes und Veraltetes überall wegblieb und daß ich mich bemüht habe, nur gute, als brauchbar bewährte und möglichst neue Maschinen, Werkzeuge, Oefen u. s. w. darzustellen. Wie schwierig dies zu erreichen stand, wird ein Jeder leicht einsehen.

Die Quellen, welche ich benutzte, sind freilich überall im Texte oder am Ende der Capitel angegeben worden, allein ich will doch die bedeutendsten, allgemeinern und häufig angewendeten hier nennen.

Das oben angeführte Werk von Barlow, welches eigentlich zur Entstehung des vorliegenden Veranlassung gegeben hat, ist vielfach benutzt und besonders ist dies von dessen Abbildungen zu bemerken, wel-

ches die trefflichsten Stahlstiche von einem berühmten englischen Künstler sind. So wenig sich nun das Barlow'sche Buch, wie schon oben bemerkt, zu einer bloßen Uebersetzung eignete, so trefflich ist es doch im Allgemeinen und so wesentlich ist seine stete Benutzung, die häufig nicht einmal im Text, oder in Anmerkungen, bemerkt werden konnte.

Nicht minder wesentliche Dienste haben mir die folgenden ausgezeichneten Werke geleistet:

Prechtl, technologische Encyklopädie, oder alphabetisches Handbuch der Technologie, der technischen Chemie und des Maschinenwesens. Bis jetzt 8 (bis K reichende) Bände. Stuttgart, 1830 1837.

Karmarsch, Grundriß der mechanischen Technologie. 2 Bde. Hannover 1837 und 1838.

Dessen Einleitung in die mechanischen Lehren der Technologie. 2 Bde. Wien 1825.

Handbuch der Mechanik, von F. J. Ritter von Gerstner. Aufgesetzt, mit Beiträgen von neuern englischen Constructionen vermehrt und herausgegeben von J. A. Ritter von Gerstner. 3 Bde. und Atlas. Prag, 1831 — 1834.

Verdam, Grundsätze der angewandten Werkzeugswissenschaft und Mechanik, oder allgemeine Grundregeln, nach welchen alle Gattungen von Werkzeugen und Maschinen nach den Erfordernissen des praktischen Betriebes zusammengesetzt und angewandt werden. Ein populäres Hand- und Lehrbuch für ausübende Maschinenbaumeister und Gewerbsschulen. Aus dem Holländischen von C. H. Schmidt. 4 Thle. in 6 Bänden. Weimar, 1834 - 1837.

Schubarth, Elemente der technischen Chemie. Zum Gebrauch beim Unterrichte im Königlichen Gewerbsinstitute und den Provinzial-Gewerbsschulen des preußischen Staats. Zweite Auflage, 3 Bände. Berlin 1835.

Pouillet et Leblanc, Portefeuille industriel du Conservatoire des Arts et Métiers. Tome I. Paris, 1834, Tome II, 1836 et 37. — Aus diesem vortrefflichen, jetzt leider ins Stocken gerathenen Werke, habe ich, wie man sehen wird, recht viele Beschreibungen und Abbildungen entnommen.

Leblanc, Récueil des Machines, Instrumens et Appareils, qui servent à l'Economie rurale et industrielle. 2 Tomes. Paris 1834 et 1836. Dieses vortreffliche Werk enthält 144 Platten in Großfolio, nebst kurzem erklärenden Text. Ich konnte die Platten wegen ihrer Größe zu meinem Werke nicht benutzen, jedoch habe ich immer darauf verwiesen. Es sind, wie die aus dem folgenden Werke, treffliche Werkzeichnungen.

J. Blunt und *R. Macdonald Stephenson,* The civil Engineer and Machinist: practical Treatises of civil Engineering, Engineer building, Machinery, Millwork, Engine work, Jron founding etc. London seit 1834. Das Werk erscheint in 8 Theilen, von denen der 2te von den Dampfmaschinen, der 3te von den Mühlen, der 4te von der Anwendung des Eisens handelt Die übrigen umfassen architektonische Gegenstände. Die Abbildungen sind nach einem sehr großen Maaßstabe ausgeführt und ausgezeichnet schön.

Von sammelnden und Zeitschriften benutzte ich hauptsächlich:

Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gewerbfleißes in Preußen. Seit 1822 werden jährlich 6 Hefte an die Mitglieder vertheilt.

Jahrbücher des k. k. polytechnischen Instituts zu Wien. Herausgegeben von Prechtl. 1—19 Bd. Wien 1819 — 1837.

Dingler's polytechnisches Journal. Seit 1820 bis Ende 1837 erschienen zu Stuttgart 66 Bände.

Polytechnisches Centralblatt. Seit 1835 erscheinen zu Leipzig wöchentlich 1, auch 2 Bogen.

Da es nicht thunlich war, in dem Werke ein Maaß- und Gewichtssystem durchzuführen, so werden einige Reductionstabellen am Ende mitgetheilt werden. — Verbesserungen und Zusätze sollen am Ende eines jeden Bandes folgen.

Möge mein Werk den Zweck, den ich mit seiner Herausgabe zu erreichen suche, erfüllen, möge es gütig aufgenommen und nachsichtsvoll beurtheilt werden.

Braunschweig, im November 1837.

C. Hartmann.

1

Von den Pumpen pag 375

Inhalts-Anzeige.

Einleitende Uebersicht der Grundsätze des Maschinen- und Fabrikenwesens.

Erstes Capitel.

Zweites Capitel.

Erster Theil. Maschinenwesen.

Erste Abtheilung.

Erstes Capitel.

Zweites Capitel.

Drittes Capitel.

Viertes Capitel.

Fünftes Capitel.

Sechstes Capitel.

Siebentes Capitel.

Achtes Capitel.

Einleitende Uebersicht

der

Grundsätze des Maschinen und Fabrikenwesens.*

Erstes Capitel.

Von den mechanischen Grundsätzen.

Ein Land, in welchem die Gewerbe blühen, ein Fabrikenstaat, hat große Vorzüge vor dem blos Ackerbau treibenden; Manufacturen sind eine unendliche Quelle des Nationalreichthums. England giebt das auffallendste Beispiel davon; vielleicht giebt es keinen einzigen Umstand, der diesem Lande eigenthümlicher wäre, der es vor allen andern Ländern auf eine merkwürdigere Weise auszeichnete, als der große Umfang und die Vollkommenheit seiner Werkzeuge und Maschinen zur Darstellung jener, in so bedeutenden Mengen beinahe jeder Classe der menschlichen Gesellschaft erforderlichen Bedürfnisse und Bequemlichkeiten. Die Einbildungskraft vermag es kaum zu erfassen, welch anhaltendes Nachdenken, wie viele wiederholte Versuche, welche Anstrengungen des Geistes erforderlich waren, um nicht allein das englische, sondern auch das Fabrikenwesen mehrer Staaten des Festlandes von Europa von seinen untersten Stufen zu seiner gegenwärtigen Vollkommenheit zu erheben, wobei England der Ruhm gebührt, zuerst auf dieser Bahn zur Vollkommenheit vorangeschritten zu seyn, weßhalb wir es auch als Muster bei unsern Betrachtungen aufstellen können, ohne der Ehre anderer Länder, wie Preußen, Oestreich, der Schweiz, Frankreich und Belgien u. m. a., in denen Maschinen- und Fabrikenwesen in neuerer Zeit ebenfalls einen hohen Aufschwung gewonnen haben, zu nahe zu treten.

Blicken wir in unsern Wohnzimmern umher, wandern wir durch die Räume der, für jeden nur zu wünschenden Bequemlichkeits- und Luxusartikel in den belebten Straßen großer Städte, sich drängenden Magazine, so wird sich uns in der Geschichte eines jeden einzelnen Artikels, jeder einzelnen Erfindung, eine Reihe von mißlungenen Versuchen zeigen, die nach und nach zur Vollkommenheit geführt haben; so werden wir in der Darstellung selbst des Unbedeutendsten unter denselben Prozesse wahrnehmen, die theils durch ihre Einfachheit unsere Bewunderung erregen, theils durch das Unerwartete ihrer Resultate unser Nachdenken beschäftigen.

Die mühsam erlangten Erfahrungen und Kenntnisse, wodurch die Schwierigkeiten der Darstellung der mannigfaltigsten Gegenstände vermindert wurden, sind aber nicht allein dem Lande, in welchem sie fabricirt worden, von Vortheil gewesen; auch entfernte Länder haben daran Theil genommen. Sowohl die üppigen Bewohner der Morgenländer, als auch die rohen Eingeborenen der afrikanischen Wüsten, benutzen beide die Fabrikate der englischen, so wie der Webestühle anderer Länder. Die Bandano-Tücher, sonst ein indisches Fabrikat, in Glasgow aber wohlfeiler und eben so schön nachgemacht, haben jene ächten längst verdrängt, und sowohl die Indier als auch die Chinesen verbrauchen große Quantitäten von dieser Waare. Ja, die Erzeugnisse englischen Kunstfleißes sind selbst den unternehmendsten Reisenden vorangegangen. So erhielt Capitain Clapperton, als er den Hof des Sultans Bello besuchte, Speisen auf Schüsseln von Pewter, einer Metalllegirung, mit dem Londoner Stempel versehen, ja selbst auf englischem Steingut zugeschickt. Auf britischen Schiffen wird die indische Baumwolle um die Hälfte unserer Erdkugel herum nach England geführt, um dort versponnen und zu Zeugen verarbeitet zu werden. Britisches Kapital setzt sie aufs Neue in Bewegung und nach den Ebenen, denen das rohe Naturproduct entsprossen, zurückgeführt, kaufen die Herren des Bodens sie zu einem wohlfeileren Preise wieder an sich, als der ist, zu welchem sie dasselbe Fabrikat, mittelst ihrer weit unvollkommenern Maschinen, selbst zu liefern im Stande sind. Denn zu Calicut in Ostindien — woher das Calico genannte baumwollene Zeug seinen

* Nach Professor Babbage's geistreicher Einleitung zu Barlow's Werk.

Namen hat —, beträgt der Arbeitslohn freilich nur ein Siebentel des englischen und dennoch sind es die britischen Manufacturen, welche den dortigen Markt versorgen.

Wir haben in diesem einleitenden Theil des Werks den Zweck, eine Uebersicht der verschiedenen Manufacturen und eine Beschreibung der Werkzeuge und der Maschinen zu geben, mittelst deren ihre Operationen ausgeführt werden. Vorher wollen wir es aber versuchen, die Grundsätze festzustellen, von denen ihr Erfolg abhängt und sowohl die Ursachen als auch die Folgen der Anwendung der Maschinen, als Ersatz für menschliche Fertigkeit und Kraft, zu verfolgen.

Die dem Maschinen- und Fabrikenwesen entspringenden Vortheile scheinen sich aus der durch sie bewirkten Vermehrung der menschlichen Kraft; — aus der dadurch erzielten Zeitersparniß; — aus der Verwandlung scheinbar gemeiner und werthloser Substanzen in werthvolle Producte, herleiten zu lassen.

In Beziehung auf die ersten dieser Wirkungen bieten sich wohl einem Jeden zunächst die vom Winde, Wasser und Dampf entlehnten Kräfte dar. Es sind dieß allerdings Vermehrungen der menschlichen Kraft und wir werden sie weiter unten einer nähern Betrachtung unterwerfen. Die menschliche Kraft erlangt aber auch aus andern Quellen Zuwachs, mittelst dessen es dem Individuum möglich wird, mit weit größerer Wirksamkeit zu arbeiten, als ohne solche Unterstützungen, und auf diese werden sich unsere gegenwärtigen Bemerkungen beschränken.

Die Erbauung von Palästen, Tempeln und Grabmälern scheint die früheste Aufmerksamkeit der Völker auf sich gezogen zu haben, sobald sie einen gewissen Grad der Bildung erreicht hatten. Noch jetzt erregen die ungeheuren Steinblöcke, die aus ihren natürlichen Lagerstätten nach den Orten hinbewegt worden sind, wohin sie die Prachtliebe oder die Frömmigkeit der Bauherren bestimmt hatte, das Staunen der Nachwelt, nachdem die Zwecke vieler dieser Monumente sammt den Namen ihrer Gründer längst der Vergessenheit anheim gefallen sind.

Die zur Fortbewegung dieser schweren Massen erforderlichen Kräfte müssen nach den verschiedenen Graden der mechanischen Kenntnisse bei dem Volke, welches den Transport bewirkte, verschieden gewesen sein. Daß die zu solchen Zwecken erforderliche Größe der Kraft unter verschiedenen Umständen sehr verschieden ist, ersieht man aus dem folgenden, von Herrn Rondelet („Kunst zu bauen") aufgeführten Versuch.

Zum Gegenstand desselben diente ein viereckiger Steinblock von 1080 Pfund Gewicht.

1) Um diesen Stein auf der rauhen Sohle des Steinbruchs fortzuschaffen, war eine Kraft erforderlich von . . . . 758 Pfd.
2) Denselben Stein auf untergelegten Brettern fortzubewegen, erforderte . . . . 652 „
3) Ihn auf einem hölzernen Gestell und auf einer bretternen Fläche fortzubewegen, ererforderte . . . . 606 „
4) Nachdem man beide, sich berührende Holzoberflächen mit Seife eingerieben hatte, waren noch erforderlich . . . . . . 182 „

5) Man legte nun den Stein auf Walzen von drei Zoll Durchmesser und es waren zur Fortbewegung auf dem Boden des Steinbruchs nur noch nöthig . . . . 34 Pfd.
6) Auf dieselbe Weise auf einer Bretterfläche . . . . 28 „
7) Endlich, um den Stein auf dem hölzernen Gestell, mit den nämlichen Walzen, über eine Bretterfläche fortzuschaffen, war nur eine Kraft erforderlich von . . . . . 22 „

Aus diesem Versuche folgt, daß die Kraft, welche erforderlich ist, um einen Stein auf der rauh geebneten Sohle eines Steinbruchs fortzubewegen, fast $^{2}/_{3}$ von seinem Gewicht beträgt; ihn über eine hölzerne Fläche fortzubewegen $^{3}/_{5}$; mittelst Holz und auf Holz $^{5}/_{9}$; wenn die hölzernen Oberflächen mit Seife eingerieben sind, $^{1}/_{6}$; wenn Walzen auf der Steinsohle angewendet werden, $^{1}/_{32}$; wenn sie auf Holz laufen, $^{1}/_{40}$; und wenn dieß zwischen zwei hölzernen Flächen der Fall ist, $^{1}/_{50}$ von dem Gewicht des Steins.

Jeder Zuwachs an Kenntniß, jede Erfindung eines neuen Werkzeugs, vermindert die menschliche Arbeit. Durch die erste Anwendung von Walzen beim Transport wurde ein Werkzeug erfunden, welches die menschliche Kraft verfünffacht; der Arbeiter, welcher zuerst darauf kam, Seife oder Fett anzuwenden, wurde dadurch sogleich in den Stand gesetzt, ohne größere Anstrengung ein dreimal größeres Gewicht als vorher fortzubewegen. Die Verminderung der Friction durch Fett ist so einleuchtend, daß zu Amsterdam die Führer von schwer beladenen Schlitten einen durch Talg gezogenen Strick in der Hand haben, über den sie von Zeit zu Zeit den Schlitten gehen lassen, um seine untern Flächen geschmeidig zu machen.

Der zweite Vortheil, den die Anwendung von Maschinen beim Fabrikenwesen gewährt, ist Zeitersparniß. Diese Wirkung ist so durchgreifend und so wichtig, daß, wäre es uns um eine Verallgemeinerung zu thun, sich fast sämmtliche Vortheile unter dieser einen Rubrik vereinigen ließen. Jedoch führt die Erklärung von minder umfassenden Beispielen zu einer genauern Kenntniß des Gegenstandes, und da der Lehrer in der Folge noch zahlreiche Beispiele finden wird, so können wir die Erklärungen hier um so kürzer zusammenfassen.

Die Kunst des Glasschneidens mittelst des Diamanten hat innerhalb weniger Jahre eine sehr wesentliche Verbesserung erfahren. Vor einigen zwanzig Jahren wurde es einem Glaserlehrling noch sehr schwer, sich beim Gebrauch des in einen konischen Stift gefaßten Diamanten Sicherheit zu erwerben, ja viele handhabten ihn noch nach überstandener Lehrzeit sehr schlecht. Die Schwierigkeit lag nämlich darin, den richtigen Winkel, mit welchem der Diamant schneidet, zu finden und wenn er gefunden war, ihn mit der gehörigen Neigung über die Glasscheibe hinzuführen. Fast der ganze Zeit- und Glasaufwand, den früher die Erlernung dieser Fertigkeit gekostet, läßt sich mittelst einer verbesserten Fassung des Diamanten ersparen. Der Stein wird nämlich so in ein viereckiges Stückchen Messing gefaßt, daß seine scharfe Kante mit einer der Viereckseiten fast parallel zu stehen kommt. Nun wird von Jemanden, der sich gut auf den Gebrauch des Instruments versteht, die eine Seite des Messings so lange weggefeilt,

bis er nach wiederholten Versuchen findet, daß der Diamant, wenn seine scharfe Kante längs eines Lineals geführt wird, einen reinen Einschnitt macht. Darauf wird der gefaßte Stein mittelst eines eine geringe Winkelbewegung zulassenden Winkels an einem bleistiftähnlichen Griff befestigt. Auf diese Weise kann der Unerfahrenste selbst sogleich den schneidenden Winkel treffen; er braucht nur mit der messingenen Fassung am Lineal entlang zu ziehen. Ja, das Stück, welches er in der Hand hält, mag selbst ein wenig von dem gewünschten Winkel abweichen, es theilt der Lage des Diamanten keine Unregelmäßigkeit mit, der, auf diese Weise angewendet, seine Function selten verfehlt.

Ein anderes Beispiel der Zeitersparniß ist die Anwendung des Schießpulvers zum Sprengen der Felsen. Einige Pfunde desselben, die für den Arbeitslohn einiger Tage angekauft werden können, bringen häufig Wirkungen hervor, die auf andere Weise, selbst mit den besten Werkzeugen, mehrere Monate erfordern würden.

Beispiele von der Benutzung von Stoffen geringen Werthes zeigen sich überall. Die von den Goldschlägern benutzten Häute werden vom Abfall der Thiere gemacht. Pferde- und Rinderhufe und andere sonst unbrauchbare hornartige Stoffe werden bei der Darstellung des blausauren Eisenkalis, einem schönen, gelben, krystallisirten Salz, gebraucht. Wenn an den verbrauchten kupfernen Kesseln und zinnernen Geräthen unserer Küchen die Kunst des Kesselflickers schon erschöpft ist, so sind sie noch immer nicht werthlos. Die minder verrosteten Theile der kupfernen Gefäße werden, in Streifen geschnitten, mit kleinen Löchern versehen und mit einem groben schwarzen Firniß überzogen, von den Koffermachern zu der Befestigung der Ränder und Ecken der Kisten benutzt. Die alten, gänzlich unbrauchbaren zinnernen Gefäße wandern in die chemischen Fabriken, wo man daraus mit Hülfe von Holzessig eine schwarze Farbe bereitet, die in den Kattundruckereien benutzt wird.

Zwischen einem **Werkzeuge** und einer **Maschine** läßt sich keine scharfe Gränzlinie ziehen; auch ist eine solche bei einer populären Erklärung dieser Ausdrücke nicht erforderlich. In der Regel ist ein **Werkzeug einfacher** als eine Maschine, und wird durch die menschliche Hand in Bewegung gesetzt, während bei einer Maschine dies größtentheils durch Thiere, Wasser- oder Dampfkraft geschieht. Einfachere Maschinen sind oft weiter nichts, als ein oder mehre in eine Einfassung, oder in einen Rahmen gebrachte, und von irgend einer bewegenden Kraft in Thätigkeit gesetzte Werkzeuge. Bei der Darstellung der, durch Werkzeuge erlangten Vortheile werden wir mit einigen der einfachsten beginnen.

Zwanzig tausend, in einer Schachtel verworren und in allen möglichen Richtungen durcheinander liegende Nähnadeln in eine solche Ordnung zu bringen, daß sie alle eine parallele Richtung zu einander haben, ist dem ersten Anschein nach eine sehr langweilige Beschäftigung, und wollte man jede einzelne Nadel von der andern trennen, so würde das Verfahren viele Stunden Zeit kosten. Und doch muß diese Operation sehr häufig in den Nadelfabriken vorgenommen werden; allein mittelst eines sehr einfachen Werkzeugs ist sie in wenigen Minuten ausgeführt. Die Nadeln werden nämlich in eine kleine, flache, blecherne Mulde gethan und auf eine eigenthümliche Weise geschüttelt, indem man sie etwas in die Höhe wirft, während man der Mulde eine geringe Längenbewegung giebt. Die Gestalt der Nadeln kommt der Lage, die sie annehmen sollen, zu Hülfe; denn wenn sich zwei Nadeln kreuzen — dieß müßte denn zufällig, was jedoch äußerst unwahrscheinlich ist, im vollkommensten Gleichgewicht der Fall sein —, so werden sie, auf dem Boden der Mulde angekommen, sich von selbst neben einander legen, eine Lage, welche außerdem durch die Gestalt der Mulde begünstigt wird. Da die Nadeln nun nirgend einen hervorstehenden Theil haben, der dieser Neigung hinderlich sein oder Verworrenheit veranlassen könnte, so sind sie durch stetes Schütteln in drei bis vier Minuten längenweise geordnet. Nun wird beim Schütteln eine andere Richtung genommen; die Nadeln werden zwar wieder etwas aufwärts geworfen, aber das Schütteln erfolgt der Breite der Mulde nach. Dieß bewirkt, daß die Enden der Nadeln, welche vorher nach den Längenseiten der Mulde gerichtet waren, jetzt den schmälern Seiten derselben zugekehrt sind, in welcher Lage sie zu Hunderten mit einer breiten blechernen Schaufeln abgehoben werden, indem man sie mit dem Zeigefinger der linken Hand darauf fest hält. Diese Parallel-Anordnung muß gar oft wiederholt werden, ehe die Nadeln fertig sind. Hätte man daher dazu kein wohlfeiles, wenig Zeit raubendes Mittel gefunden, so würde die Nadelfabrikation bedeutend theurer sein.

Ein anderer Prozeß bei derselben Fabrikation giebt ein Beispiel von einer der einfachsten Erfindungen, die sich unter die Benennung **Werkzeug** bringen lassen. Nachdem die Nadeln auf die oben beschriebene Weise geordnet sind, müssen sie in zwei Haufen getheilt werden, damit ihre Spitzen alle gleiche Richtung haben. Es geschieht dieß gewöhnlich durch Frauen oder Kinder. Die Nadeln werden, so wie sie von der Mulde abgenommen worden, etwas seitwärts von dem Arbeiter auf einem Tische aufgehäuft. Mit dem Zeigefinger der linken Hand rollt sich der Arbeiter **5** bis **10** Stück näher; dieß bringt einen kleinen Zwischenraum zwischen den näher gerollten Nadeln hervor und nun wird jede einzelne der Länge nach rechts oder links von dem Arbeiter geschoben, je nachdem ihre Oehre der rechten oder linken Seite zugekehrt ist. Dieß ist die gewöhnliche Methode, bei der jedes einzelne Stück durch die Finger laufen muß. Eine geringe Aenderung des Verfahrens beschleunigt dasselbe um ein Bedeutendes: das Kind bedeckt den Zeigefinger der rechten Hand mit einem tuchenen Fingerhut, rollt **6** bis **12** Nadeln vom Haufen ab, hält sie mit dem Zeigefinger der linken Hand nieder, während es mit dem der rechten die Enden leise andrückt. Die Nadeln nun, deren Spitzen der rechten zugekehrt sind, bleiben in dem Fingerhut stecken, und werden auf diese Weise von dem Kinde mit leichter Mühe nach der linken Seite hingeschoben. Die übrigen, welche eben deshalb, weil ihre Oehren der Rechten zugekehrt waren, nicht im Fingerhut stecken blieben, schiebt es nach der rechten Seite und beginnt dann das Verfahren aufs Neue. Mittelst dieser einfachen Vorrichtung werden mit jeder Bewegung des Fingers, nach der einen oder der andern Seite, fünf bis sechs Nadeln dem Haufen zugeführt, welchem sie angehören, während bei der frühern Methode gewöhnlich jede

einzelne Nadel eine Fingerbewegung erforderte, und nur selten zwei bis drei mit einem Male weggeschoben werden konnten.

In den Handwerken kommen manche Verrichtungen vor, bei denen der Beistand einer dritten Hand dem Arbeiter große Bequemlichkeit gewähren würde und in solchen Fällen leisten uns Werkzeuge oder Maschinen von der einfachsten Construktion große Dienste. Schraubstöcke verschiedener Form, in denen das zu bearbeitende Material mittelst Schrauben festgehalten wird, sind von dieser Art und fehlen fast in keiner Werkstätte; jedoch wollen wir ein Beispiel, auffallender noch, aus der Nagelschmiede entlehnen.

Einige Arten von Nägeln, wie Schuhnägel, erfordern eine eigenthümliche Form des Kopfes, welche durch den Schlag eines Stempels dargestellt wird. Der Arbeiter hält die fast weißglühende Eisenstange, aus welcher er die Nägel anfertigt, in der linken Hand, schmiedet sie zu einer Spitze aus, haut auf dem sogenannten Blockmeißel so viel von dem zugespitzten Eisen fast gänzlich ab, als der Nagel und der Kopf lang sein sollen, steckt die Spitze in das Loch des Nageleisens und bricht durch eine einzige Wendung den nur noch lose am Nagel hängenden Eisenstab ab. Der den Kopf bildende Stempel ist in einem Hammer angebracht, den der Arbeiter durch einen Fußtritt aufhebt und wieder fallen läßt. Ein Theil der Gestalt von dem Kopfe wird vorher gehämmert. Ohne diese Vertretung einer dritten Hand durch den Fuß würde die Operation weit länger dauern.

Eine andere, glücklicher Weise nicht so häufig erforderliche Vertretung der menschlichen Hände durch Werkzeuge hat den Zweck, denjenigen, welche durch Natur oder Zufall irgend eins ihrer Glieder beraubt sind, die Arbeit zu erleichtern. Wer Gelegenheit gehabt hat, die schönen Vorrichtungen zur Verfertigung von Schuhen zu beobachten, welche wir der fruchtbaren Erfindungsgabe des Herrn Brunel verdanken, muß mehre Beispiele wahrgenommen haben, wie es Menschen, denen eine Hand oder ein Fuß fehlt, möglich gemacht wird, dennoch mit Genauigkeit zu arbeiten. Ein ähnliches Beispiel bietet die Blindenanstalt zu Liverpool dar, wo die Zöglinge sich zum Weben der Schiebfenster-Schnüre (sash-lines im engl.) einer Maschine bedienen, welche die Erfindung eines Blinden sein soll. Menschen aus den höhern Classen der Gesellschaft, denen eins der erwähnten Glieder gebricht, bedienen sich oft ähnlicher Erfindungen, theils zur Unterhaltung, theils zur Belehrung. Dieser Triumpf der Geschicklichkeit und des Scharfsinnes verdient doppelte Bewunderung, weil er zur Linderung natürlicher oder zufälliger Leiden beiträgt, den Armen gegen bittern Mangel schützt und dem Reichen Beschäftigung und Erweiterung seiner Kenntnisse gewährt.

Es giebt eine natürliche, obwohl in nummerischer Hinsicht sehr ungleiche Eintheilung der Maschinen; sie lassen sich nämlich classificiren als solche, die zur Krafterzeugung angewendet werden und in solche, die blos Kraft fortpflanzen und Arbeit verrichten sollen.

Die erstere Classe ist von großer Wichtigkeit und sehr beschränkt in der Verschiedenheit ihrer Gattungen, obgleich einige derselben aus zahlreichen Individuen bestehen; sie sind der Hauptgegenstand der ersten Abtheilung dieses Werkes.

Was nun diejenige Classe mechanischer Agentien betrifft, durch welche Bewegung fortgepflanzt oder mitgetheilt wird, wie der Hebel, die Rolle, der Keil und viele andere, so ist erwiesen, daß keine neue Kraft durch sie gewonnen wird, wie künstlich sie auch zusammengesetzt sein mögen. Wie viel Kraft auch immer an dem einen Punkte angewendet wird, so kommt doch an einem andern nur eine durch Friktion und andere zufällige Ursachen verminderte Quantität davon in Ausübung. Ferner ist dargethan, daß, was an Schnelligkeit der Ausführung gewonnen wird, durch ein entsprechendes Hinzuthun ausübender Kraft ersetzt werden muß.

Diese beiden, längst außer allen Zweifel gestellten Grundsätze darf man nie aus den Augen verlieren. Beschränken sich aber unsere Versuche auch nur auf Dinge, die sich innerhalb des Bereichs der Möglichkeit befinden, so sind wir dennoch, wie aus dem Verlauf dieses Werks deutlich dargethan werden wird, im Besitz eines weiten Gebiets unerschöpflicher Forschungen. Noch gar nicht lange ist es her, daß die aus der Anwendung der Maschinen hervorgehenden Vortheile ihren Einfluß auf die Gewerbe ausgeübt haben; allein es lassen sich diese Vortheile bis ins Unendliche steigern und werden auf diese Weise immer mehr und mehr zur Veredlung, Bereicherung und Beglückung des Menschengeschlechts beitragen.

Von denjenigen Maschinen, mittelst deren wir Kraft erzeugen, müssen wir bemerken, daß, welch unendlich große Vortheile sie uns auch gewähren, wir doch in Beziehung auf zwei Quellen dieser Kraft, den Wind und das Wasser, weiter nichts thun, als Körper benutzen, welche von Natur in einem Zustande der Bewegung sind. Wir verändern zwar die Richtung ihrer Bewegung, je nachdem es unsern Zwecken entsprechend erscheint, allein wir können zu der einmal vorhandenen Bewegung weder etwas hinzuthun, noch etwas von ihr wegnehmen. Indem wir die Flügel einer Windmühle dem Winde in schiefer Richtung entgegenstellen, hemmen wir die Geschwindigkeit eines kleinen Theils der Atmosphäre und verwandeln deren geradlinigte Bewegung in die Kreisbewegung der Flügel; wir verändern demnach die Richtung der Kraft, schaffen aber keine neue. Dasselbe läßt sich von den Segeln eines Schiffs bemerken; die Größe der durch sie mitgetheilten Bewegung ist genau so groß als die, welche in der Atmosphäre zerstört wird.

Wenden wir einen fallenden Bach oder Strom zur Bewegung eines Wasserrades an, so bedienen wir uns einer Kraft, welche die Natur dem ersten Anschein nach nutzlos und unersetzlich zu verschwenden scheint, die sie aber, wie eine nähere Untersuchung zeigt, stets durch andere Prozesse wieder ersetzt. Die von einem höhern einem niedrigern Niveau zufallende Flüssigkeit besitzt diejenige Geschwindigkeit, welche ihre Umdrehung mit der Erde, bei einer größern Entfernung von dem Mittelpunkte, nothwendig haben muß. Sie wird daher die tägliche Rotation der Erde, obwohl nur in einem unendlich geringen Grade, beschleunigen.

Die Summe der, mit dem Fall sämmtlicher, auf der Erdoberfläche befindlichen Gewässer entstehenden Zunahmen an Geschwindigkeit würde mit der Zeit bemerkbar werden,

führte die Natur nicht, mittelst des Ausdünstungsprozesses, die Gewässer zu ihren Quellen zurück, könnte sie nicht dadurch, daß sie die Materie weiter vom Mittelpunkt entfernt, die durch die vorhergegangene Annäherung derselben erzeugte Geschwindigkeit wieder zerstören.

Eine andere fruchtbare Quelle bewegender Kraft bilden die Dämpfe, allein auch von dieser läßt sich nicht sagen, daß wir sie erzeugt hätten. Das Wasser wird durch die Verbrennung von Brennstoffen in elastische Dämpfe verwandelt. Die auf diese Weise stattfindenden chemischen Veränderungen versehen die Atmosphäre unaufhörlich mit großen Quantitäten von Kohlensäure und andern, dem thierischen Leben nachtheiligen Gasarten. Durch welchen Prozeß die Natur diese Grundstoffe zersetzt, oder wieder in feste Körper verwandelt, ist nicht hinlänglich bekannt. Ein Theil davon wird, wie wir wissen, in großen Quantitäten von der Vegetation absorbirt; soll aber der Zweck durch mechanische Kraft erreicht werden, so ist es wahrscheinlich, daß die dazu erforderliche Kraft wenigstens jener gleich kommen würde, welche durch die ursprüngliche Verbrennung erzeugt wurde. Der Mensch ist daher nicht im Stande, Kraft zu erschaffen, sondern er benutzt nur seine Kenntnisse der Naturgeheimnisse dazu, einen kleinen, beschränkten Theil ihrer Kräfte, mittelst seiner Talente, seinen Bedürfnissen dienstbar zu machen. Mag er nun die geregelte Wirkung des Dampfes oder die schnellere, furchtbarere des Schießpulvers anwenden, so bringt er doch stets nur im geringen Maaßstabe Verbindungen und Zersetzungen hervor, welche die Natur fortwährend in das Gegentheil zu verwandeln thätig ist, um jenes Gleichgewicht wieder herzustellen, welches ohne allen Zweifel in dem Weltsystem, selbst bis an seinen entferntesten Gränzen, aufrecht erhalten wird.

Die Operationen des Menschen tragen den Charakter ihres Urhebers; sie sind geringfügig, aber während ihrer kurzen Existenz, kraftvoll. Die der Natur aber, unbeschränkt im Raume, wie in der Zeit, verfolgen geräuschlos und unwiderstehlich ihre ewige Laufbahn.

Bei Aufstellung des allgemeinen Grundsatzes, daß alle Combinationen der mechanischen Erfindungen die der Maschine mitgetheilte Kraft nur auf Kosten der Zeit vermehren können, welche zur Hervorbringung dieser Wirkung angewandt wird, möchte man vielleicht denken, daß die durch solche Erfindungen gewonnene Hülfe nur gering sei. Dieß ist aber keineswegs der Fall, indem die fast unbeschränkte Mannigfaltigkeit, welche sie gewähren, uns in den Stand setzt, jede anzuwendende Kraft mit dem größtmöglichsten Vortheil auszuüben. Zwar giebt es eine Gränze, über welche hinaus es unmöglich ist, die für eine gegebene Wirkung erforderliche Kraft zu vermindern, allein selten wird diese Gränze von den zuerst angewandten Methoden überhaupt erreicht. Wenn ein sehr ästiger Strunk oder Baumstumpf zu Brennmaterial zerkleinert werden soll, so wird die verbrauchte Zeit nach der Beschaffenheit der dazu angewendeten Werkzeuge sehr verschieden sein. Mit einem Beil oder einer Axt kann diese Zerkleinerung zwar bewerkstelligt werden, aber nur mit einem großen Zeitaufwande von Seiten des Arbeiters. Wirksamer und schneller wird es schon mit der Säge geschehen, die ihrerseits aber von dem Keil übertroffen wird, der den Klotz

in noch kürzerer Zeit spaltet. Unter günstigen Umständen und bei geschickten Arbeitern können Zeit und Kosten noch mehr durch Anwendung einer geringen Menge Schießpulver gespart werden, durch welches man den Block in mehre Stücke zersprengt.

Um eine Masse von Materie zu bewegen, muß eine gewisse Kraft aufgewendet werden und die Transportkosten hängen davon ab, wie man mit dieser Kraft hausgehalten hat. Jedoch muß ein Land einen hohen Grad von Civilisation besitzen, wenn es sich dem Minimum dieses Kraftaufwandes nähert. Die javanische Baumwolle wird in Junken an die Küsten von China gebracht, allein da vorher die Samenkapseln nicht gehörig von der Wolle getrennt sind, so bestehen drei Viertel der Schiffsladung nicht aus dieser letztern. Es ließe sich dieß vielleicht dadurch entschuldigen, daß es auf Java an Maschinen zur Absonderung des Samens von der Baumwolle fehlt, oder auch durch die relativen Kosten dieser mühsamen Operation in beiden Ländern. Aber die in China gepackte Baumwolle nimmt den dreifachen Raum einer gleichen Gewichtsmenge ein, welche in Europa oder Amerika verschifft wird. Also kostet die Fracht einer gegebenen Quantität Baumwolle den Chinesen fast zwölfmal mehr als das, wofür dieselbe durch eine gehörige Aufmerksamkeit auf mechanische Hülfsmittel geliefert werden könnte.

Wir geben nun unsern Lesern eine allgemeine Uebersicht der verschiedenen Vortheile, welche aus der Anwendung von Maschinen erfolgen.

I. Verstärkung der Kraft.

Sobald eine auszuführende Arbeit mehr Kraft erfordert, als in der zu ihrer Vollendung nöthigen Zeit vollbracht werden kann, so muß man zu einer mechanischen Methode, mittelst der ein Theil von der, vor Beginn des Prozesses angewandten Kraft erspart und verstärkt werden kann, seine Zuflucht nehmen. Man erreicht dieß am häufigsten durch ein Schwungrad, welches eigentlich weiter nichts ist, als ein Rad mit einem schweren Kranze, so daß der größte Theil seines Gewichts an der Peripherie liegt. Um ein solches Schwungrad in eine schnelle Bewegung zu setzen, ist einige Zeit hindurch eine große Kraft erforderlich, sobald aber die Bewegung einmal einen bedeutenden Grad der Schnelligkeit erreicht hat, so sind ihre Wirkungen außerordentlich kräftig, wenn ihre Gewalt auf einem Punkt concentrirt ist. In einigen Eisenwerken, wo die Stärke der Dampfmaschine, welche die Walzwerke treibt, ein wenig zu gering ist, läßt man die Maschine eine kurze Zeit hindurch leer gehen, ehe das fast weißglühende Eisen zwischen die Walzen gesteckt wird, damit dieselben erst solch eine Umdrehungsgeschwindigkeit erreicht haben, die den Laien erschreckt. Wenn das erweichte Eisen durch den ersten Einschnitt in den Walzen geht, so wird die Umlaufsgeschwindigkeit bedeutend gehemmt und bei jedem der folgenden Durchgänge vermindert, bis daß die Eisenstange solch eine Stärke erlangt hat, daß die gewöhnliche Kraft der Maschine zu ihrem weitern Auswalzen hinreicht.

Wie gewaltig die Kraft eines Schwungrades ist, wenn dessen Kraft auf einem Punkte concentrirt werden kann, wurde kürzlich in einer der größten Maschinenfabriken

Londons auf merkwürdige Weise erläutert. Der Eigenthümer wollte einem Freunde das Verfahren zeigen, wie das Blech zu den Dampfmaschinenkesseln gelocht wird. Er hielt ein ⅜ Zoll starkes Eisenblech in seiner Hand, welches er unter den Durchschlag legte. Da er nach mehren Schlägen bemerkte, daß der Durchschnitt immer langsamer schlug, rief er dem Maschinenmeister zu, warum denn die Maschine so träge arbeite? worauf sich fand, daß sich der Durchschnitt mit dem Schwungrade, gerade beim Anfang des Versuchs, außer Verbindung mit der Dampfmaschine gesetzt hatte.

Eine andere Art der Kraftverstärkung entsteht, wenn man ein Gewicht erhebt und es wieder fallen läßt. So können wiederholte Schläge mit einem selbst schweren Hammer auf den Kopf eines Pfahls geführt werden, ohne daß sich dieser merklich senkt. Dagegen wird die gewünschte Wirkung sicher erfolgen, wenn derselbe schwere Hammer wiederholt von einer bedeutenden Höhe herabfällt.

II. Regulirung der Kraft.

Gleichmäßigkeit und Stetigkeit in dem Arbeitsmaaß der Maschinen sind für deren Wirkungen und Dauer gleich wesentlich.

Hierbei wird Jedem, der mit den Dampfmaschinen vertraut ist, die schöne Erfindung Watt's, der Regulator (governor engl.) einfallen, den wir, so wie viele in diesem einleitenden Theile des Werks nur kurz erwähnte Maschinen und Vorrichtungen, an einem andern Orte des Werks speciell beschreiben wollen.

Durch die Regelmäßigkeit in der Ergänzung des Brennmaterials, in dem Herde unter den Dampfmaschinenkesseln, wird eine Gleichmäßigkeit in dem Gange der Maschine hervorgebracht und nebenbei auch Ersparniß beim Kohlenverbrauch erzielt. Allen Methoden, diese Ergänzung zu reguliren, liegt das allgemeine Prinzip zum Grunde, in regelmäßigen Zwischenzeiten, mittelst Trichtern oder Mühlrumpfen, geringe Quantitäten von dem Brennmaterial auf den Rost gelangen zu lassen und die Speisung zu vermindern, sobald die Maschine schnell geht. Einer von Nebenvortheilen einer solchen Einrichtung ist der, daß, wenn in einer gegebenen Zeit nur eine geringe Kohlenmenge auf den Rost gelangt, der Rauch fast gänzlich verzehrt wird.

Die Dämpfer des Aschenfalls und der Esse sind in einigen Fällen mit ähnlichen Regulatoren versehen.

Eine andere Vorrichtung zur Regulirung der Wirkung von Maschinen besteht in einem leichten aber großen Windfang oder Flügel. Derselbe dreht sich schnell um und erlangt bald eine gleichmäßige Bewegung, über die er nicht weit hinausgehen kann, weil eine Vermehrung seiner Schnelligkeit eine weit größere Vermehrung des Widerstandes bewirkt, den er von der Luft erleidet. Ferner werden durch dieses Mittel die Intervallen zwischen den Glockenschlägen einer Uhr regulirt, und der Windfang ist so eingerichtet, daß die Zwischenzeit abgeändert werden kann, indem man die Flügel desselben mehr oder weniger schief gegen die Bewegungsrichtung stellt.

Diese Windfänge werden bei allen kleinern Mechanismen ganz allgemein angewendet und sind, im Gegensatz zu dem schweren Schwungrade, statt Erhalter, Zerstörer der Kraft. Sie sind die alleinigen Regulatoren bei den musikalischen Dosen und überhaupt bei fast allen mechanischen Spielwerken.

Eine andere, sehr schöne Vorrichtung, um die Zahl der Kolbenzüge bei einer Dampfmaschine zu reguliren, wird in Cornwell angewendet und Wasserfall (cataract engl.) genannt. Sie hängt von der Zeit ab, welche dazu erforderlich ist, um ein in Wasser gesenktes Gefäß zu füllen, während die Ventilöffnung, durch welche die Flüssigkeit zugelassen wird, nach dem Willen des Maschinenmeisters erweitert oder verengt werden kann.

III. Zunahme der Geschwindigkeit.

Die Ermüdung der Muskeln des menschlichen Körpers hängt nicht allein von der, in jeder besondern Anstrengung verwendeten Kraft, sondern auch von der Häufigkeit der Widerholungen der Kraftäußerungen ab. Zur Vollendung einer Arbeit gehören nämlich zwei Dinge, nämlich Ausübung der, zur Handhabung eines jeden Werkzeugs nöthigen Kraft und dann auch die Bewegung des Gliedes, mittelst dessen die Handhabung bewirkt wird. Will man z. B. einen Nagel in ein Stück Holz einschlagen, so besteht die erstere Art von Anstrengung in dem Antreiben des Hammers gegen den Nagelkopf, die letztere aber im Erheben des Arms, um den Hammer zu führen. Ist der Hammer schwer, so wird die erstere Art von Anstrengung am meisten Kraft erfordern; ist er aber leicht, so entsteht die Ermüdung größtentheils aus der häufigen Bewegung des Arms. Daher kommt es denn auch, daß leichte oder mit andern Worten, solche Arbeiten, die sehr wenig Kraft erfordern, wenn sie oft wiederholt werden müssen, weit mehr ermüden, als an sich schwere. Auch kann die Bewegung der Muskeln nicht über einen gewissen Grad von Schnelligkeit hinausgehen.

Zur Ersparung der Arbeit ist es von großer Wichtigkeit, zwischen dem Gewicht des, die Bewegung hervorbringenden Theils des thierischen Körpers, dem Gewicht des in Bewegung gesetzten Werkzeugs und der Häufigkeit, mit der diese Anstrengungen widerholt werden müssen, ein solches Verhältniß hervorzubringen, daß daraus die größtmöglichste Wirkung entsteht. Als ein Beispiel, wie viel Zeit dadurch erspart wird, daß man mit einer einzigen Bewegung des Arms, statt einer, zwei Operationen verrichtet, genügt die einfache Handarbeit bei der Anfertigung der Spitzen für die Schnürbänder. Man macht diese Spitzen aus sehr dünnem Weißblech, welches früher zuerst in Streifen von der Breite der Schnur geschnitten, dann aber um dieselbe herumgebogen wurde, so daß sie das Metall umschloß. Seit Kurzem hat man diese doppelte Operation in eine einzige verwandelt, indem man an die Scheere zwei Stücke Stahl befestigt hat, welche den Streifen, während er abgeschnitten wird, gleichzeitig in die halbcylindrische Form biegen. Der größere, durch diese Vorrichtung nöthig gemachte Kraftaufwand ist fast unbemerkbar und wird durch dieselbe Bewegung des Arms, welche den Schnitt ausführt, bewirkt. In der Regel werden Frauen und Kinder zu dieser Arbeit benutzt, und mit dem verbesserten Werkzeuge verfertigen sie mehr als das Dreifache der Quantität in einer gegebenen Zeit. Ist die Arbeit an sich leicht, so erfordert die Zeitersparniß deren Beschleunigung. Die Wollfasern beim Verspinnen mit den Fingern zu

drehen, würde eine höchst langwierige Arbeit sein; beim gemeinen Spinnrad ist die Bewegung des Fußes nur mäßig, die des Fadens aber mittelst einer sehr einfachen Vorrichtung außerordentlich schnell. Es wird dieß dadurch bewirkt, daß um ein großes Rad und um eine dünne Spindel eine Darmseite oder sonst ein Band geht. Diese Vorrichtung haben übrigens sehr viele, und darunter sehr einfache Maschinen mit einander gemein. In den großen Bandläden macht der Verkauf es jeden Augenblick nöthig, fast jedes Stück Band auf- und wieder abzuwickeln, was selbst bei der abkürzenden Methode sehr ermüdend, ohne dieselbe aber sehr kostbar und zeitraubend, ja beinahe unmöglich wäre. Die so wohlfeilen und so äußerst nett aufgewundenen Knäulchen von Nähbaumwolle werden auf einer, nach demselben Prinzip eingerichteten, nur etwas mehr zusammengesetzten Maschine gewickelt.

Gehen wir von den kleinern, häufig gebrauchten Werkzeugen zu den größern und wichtigern Maschinen über, so fällt die durch Beschleunigung der Geschwindigkeit bewirkte Zeitersparniß noch mehr in die Augen. Bei der Stabeisenbereitung wird eine 100 Pfund und häufig auch das Doppelte und Dreifache wiegende, fast weißglühende Eisenmasse unter einen, durch Wasser- oder Dampfkraft bewegten, schweren Hammer gebracht, um unter demselben ihre vorläufige oder endliche Form zu erhalten. Der Hammer wird durch Hebedaumen gehoben, die an dem Umkreise einer sich drehenden Welle angebracht sind. Erhielte nun der Hammer seine Kraft nur von dem Raum, den er durchläuft, so würde er zu einem Schlage bedeutend mehr Zeit erfordern, als zweckmäßig ist, damit sich das glühende Eisen nicht abkühlt. Es ist daher wichtig, daß das Eisen in einer gegebenen Zeit möglichst viel Schläge erhält, weshalb die besser eingerichteten Hämmer nicht in die Höhe gehoben, sondern empor geworfen werden und zwar gegen einen starken Balken, der an seinem einen Ende befestigt, an dem andern aber frei ist, als eine gewaltige Feder wirkt und den Hammer mit solcher Schnelligkeit auf das Eisen wirft, daß in einer gegebenen Zeit noch einmal so viel Schläge fallen können. Man nennt diese Hämmer, deren Einrichtung wir in der ersten Abtheilung des zweiten Theils kennen lernen werden: Aufwerfhämmer. Bei den kleinern, sogenannten Swanzhämmern, wird dieß noch weiter getrieben; indem man nämlich den Schwanz des Hammerhelms gegen einen kleinen stählernen Amboß (Prellklotz) stark anschlagen läßt, prallt der Hammer mit solcher Schnelligkeit zurück, daß er in einer Minute 300, ja selbst 500 Schläge macht.

IV. Verminderung der Geschwindigkeit.

Der häufigste Grund zur Anwendung von Vorrichtungen zur Verminderung der Geschwindigkeit wird durch das Bedürfniß herbeigeführt, großen Widerstand mit geringen Kräften zu überwinden.

Es ließen sich hier die Rollen, der Krahn und viele andere Vorrichtungen als Beispiele anführen, indeß sind sie eigentlich einigen der andern Ursachen unterzuordnen, von denen wir die, durch Maschinen erlangten Vortheile hergeleitet haben. Der durch den Rauch bewegte Bratenwender ist eine Maschine, bei welcher die mitgetheilte Geschwindigkeit zu groß für den damit zu erreichenden Zweck ist, weshalb sie durch Räder abgeleitet oder gemäßigt wird.

V. Zeitverlängerung durch das Fortwirken der Kräfte.

Dieß ist einer der gewöhnlichsten und nützlichsten Zwecke, zu welchem Maschinen benutzt werden. Die halbe Minute, die wir täglich an das Aufziehen unserer Taschenuhren wenden, ist eine unendlich geringfügige Mühe und dennoch dehnt sich ihre Wirkung mittelst weniger Räder auf 24 Stunden aus. Bei den Tafel-, Stuben- und Thurmuhren wirkt die ursprünglich in Thätigkeit gesetzte Kraft eine noch längere Zeit fort; die bessern bedürfen des Aufziehens nur alle acht Tage und hin und wieder findet man welche, die einen Monat, ja ein Jahr fortgehen. Eine andere leicht faßliche Erläuterung liefern unsere Hausgeräthe; der Bratenwender macht es dem Koch oder der Köchin möglich, in wenigen Minuten die Kraft, den mit den Spieße durchstochenen Braten zu drehen, auf eine ganze Stunde in Thätigkeit zu setzen und unter der Zeit andere Arbeiten vorzunehmen. Hierher gehören auch viele Automaten und durch Federkraft in Bewegung gesetzte Spielzeuge.

VI. Zeitersparniss bei natürlichen Operationen.

Der Gerbeprozeß gewährt uns ein treffendes Beispiel von der Maschinenkraft bei Hervorbringung von Wirkungen dieser Art. Die Aufgabe bei diesem Gewerbe ist die, alle Theile der zu gerbenden Haut mit dem Gerbestoff zu durchdringen, und man bewirkt dieß gewöhnlich, indem man die Häute in Gruben einweicht, welche eine Auflösung des gerbenden Mittels enthalten. Die Felle bleiben 6, 12, ja 18 Monate und, wenn sie sehr dick sind, selbst zwei Jahre lang in denselben. Eine so lange Zeit ist anscheinend erforderlich, damit der Gerbestoff das Innere eines dicken Felles durchdringen könne.

Das verbesserte Verfahren besteht nun darin, die Felle mit der Lohe in dicht verschlossene Gefäße zu bringen, aus welchen man sodann die Luft auspumpt. Hierdurch entfernt man die in den Poren der Felle enthaltene Luft und wendet den Druck der Atmosphäre an, um die Capillarattraction zu unterstützen, welche den Gerbestoff in das Innere der Häute hineinzieht. Indessen kann die Wirkung der auf diese Weise in Thätigkeit gesetzten unterstützenden Kraft nur Einer Atmosphäre gleich sein, weshalb man eine weitere Verbesserung angebracht hat. Das die Häute enthaltende Gefäß wird nämlich, nachdem es luftleer gemacht worden, mit der Gerbeflüssigkeit angefüllt und sodann, mittelst eines Druckwerks, noch eine kleine Quantität hinzugefügt. Hierdurch wird es möglich, jeden Grad von Druck hervorzubringen, den das Gefäß auszuhalten vermag, und man hat gefunden, daß bei Anwendung dieser Methode die dicksten Felle in 6 bis 8 Wochen gegerbt werden können.

Das Bleichen der Leinwand in freier Luft erfordert zwar nicht viel Arbeit, wohl aber viel Zeit, so daß, wegen Gefahr der Beschädigung und des Diebstahls, eine Abkürzung des Prozesses sehr wünschenswerth ist. Ist nun auch die jetzt übliche Methode keine mechanische, so liefert sie dennoch einen so merkwürdigen Beweis von der Förderung praktischer Zwecke des Manufacturwesens durch die Wissenschaft, daß wir, bei Erwähnung der durch Abkürzung

natürlicher Operationen entspringenden Vortheile, es uns nicht versagen konnten, auf die treffliche Benutzung des Chlorkalks zum Bleichen hinzudeuten.

Ein anderes, im engern Sinn der Mechanik angehörendes Beispiel ist die Dorngradirung zur Concentrirung der Salzsoole, ehe sie auf Salz versotten wird. Die Soole von zu geringem Salzgehalt, um sogleich mit Vortheil, d. h. ohne einen zu bedeutenden Brennmaterialienaufwand, versotten zu werden, wird nämlich durch Pumpen auf den obern Theil langer Gebäude gefördert und sickert von da ab in kleinen Strahlen durch Reißig- oder Dornbündel. Es wird die Soole dadurch zertheilt, bietet der Luft eine größere Fläche dar, das Wasser wird daraus verdampft und die unterhalb der Dornwände sich sammelnde Soole ist schon weit salzhaltiger als die, aus dem Soolbrunnen heraufgepumpte. Eine schnelle Gradirung hängt hauptsächlich von der Trockenheit der Luft und von den Winden ab. Die Gradirwerke müssen daher der Richtung der herrschenden Winde eines Landes entgegengestellt werden.

VII. Grosse Kräfte, welche die menschlichen übersteigen.

Es gehören sowohl Geschicklichkeit, als bedeutende Vorrichtungen dazu, um es möglich zu machen, daß sich die Kräfte vieler Menschen auf einem Punkt concentriren und beläuft sich deren Zahl auf Hunderte oder gar Tausende, so entstehen neue Schwierigkeiten. Miethete man **10,000** Menschen zu einer gleichzeitig wirkenden Arbeit, so würde es schwer zu ermitteln sein, ob auch ein Jeder seine ganze Kraft ausübe, d. h., sich zu überzeugen, daß jeder Arbeiter seinen Lohn wirklich verdiene. Sind noch größere Massen von Menschen oder Thieren erforderlich, so vermehrt sich nicht allein die Schwierigkeit der Leitung, sondern es werden auch durch die nothwendige Herbeischaffung von Lebensmitteln für so Viele die Kosten bedeutend vermehrt.

In allen größern Fabriken kommen häufig Fälle vor, in denen Dampfkraft angewendet werden muß, um Widerstände zu überwinden, deren Wältigung durch Thierkräfte bei weitem theurer sein würde. Das Drehen großer Taue, das Schmieden, Walzen und Zerschneiden großer Eisenmassen, das Auspumpen des Wassers aus unsern Bergwerken; alles dieß erfordert die Anwendung gewaltiger und sehr lange fortwirkender physischer Kräfte. Ist die Kraft, welche erfordert wird, groß, der Raum auf welchem sie sich entwickeln kann, klein, so nimmt man seine Zuflucht zu andern Mitteln. Bramah's hydraulische Presse kann, von einem einzigen Mann in Bewegung gesetzt, einen Druck von **1500** Atmosphären hervorbringen und man hat schon einen drei Zoll starken Cylinder von Schmiedeeisen mit diesem Instrument auseinander gesprengt. Beim Vernieten der Eisenbleche, aus denen die Dampfkessel angefertigt werden, ist es sehr wesentlich, die Näthe möglichst dicht zu machen. Dieß wird dadurch bewirkt, daß man die Niete rothglühend in die gelochten Bleche eintreibt und die Köpfe vernietet. Durch die Zusammenziehung, welche die Nieten durch die Abkühlung erleiden, treiben sie die Bleche mit einer solchen Kraft zusammen, daß nur die Haltbarkeit der Nieten ihr Gränzen setzt.

VIII. Ausführung von Arbeiten, die zu fein für Menschenhände sind.

Jene kolossalen Kräfte, die der Mensch durch Benutzung des Dampfes in Thätigkeit gerufen hat, zeigen sich in ihrer völligen Entwickelung nicht blos durch die größern Operationen des Fabrikenwesens; ein verhältnißmäßiger Kraftaufwand ist aber auch jedesmal da erforderlich, wo die Ausführung jeder einzelnen Operation zwar wenig Kraft in Anspruch nimmt, wo sie aber fast endlos wiederholt werden muß. Derselbe Riesenarm, der das dickste Kabeltau windet, spinnt aus der Baumwolle den bis zur Unsichtbarkeit feinen Faden. Der Hand gehorchend, welche diese unwiderstehliche Gewalt zur Thätigkeit rief, kämpft sie mit dem Ocean und dem Sturm und zieht siegreich durch Gefahren und Schwierigkeiten, deren Ueberwindung die frühere Schifffahrtskunde nicht einmal versucht hat. Die Ueberlegenheit der Dampffahrzeuge über die Segelfahrzeuge hat sich durch langjährige Erfahrung auf eine glänzende Weise dargethan. Dieselbe Maschine, die in ihrer gemäßigten Wirkung die Leinwand zu den Segeln webt, welche sie vielleicht einst überflüssig macht, bildet auch mit fast zauberhaften Fingern das zarteste Zeug zum elegantesten Damenputz.

Das Verfahren auf Silberpapier zu drucken, welches bei der Anfertigung der Banknoten nöthig ist, hat etwas Unbequemes, indem man das Papier vor dem Abdruck anfeuchten muß. Es war schwierig, dieß gleichförmig zu thun und bei dem ehemaligen Verfahren, nach welchem ein aus mehren Blättern bestehendes Paquet in ein mit Wasser angefülltes Gefäß eingetaucht wurde, geschah es sehr leicht, daß die äußern Bogen rissen, weil sie natürlich weit feuchter wurden, als die nach der Mitte zu liegenden. Man hat daher bei der englischen Bank eine andere, diese Unbequemlichkeit beseitigende Methode eingeführt. Man bringt nämlich das anzufeuchtende Papier in ein dichtverschlossenes Gefäß, pumpt die Luft aus demselben und läßt Wasser hinein, wodurch jeder Bogen vollkommen durchnäßt wird. Die überflüssige Feuchtigkeit wird darauf mittelst einer Presse ausgedrückt.

IX. Registrirende Operationen.

Einer der merkwürdigsten Vortheile, den wir Maschinen verdanken, besteht in der Sicherstellung, die sie uns gegen die Unachtsamkeit, Trägheit oder Spitzbüberei der Arbeiter gewähren. Wenig Beschäftigungen sind langweiliger, als das Zählen einer Reihe von Wiederholungen einer und derselben Sache. Die Anzahl der Schritte, die wir thun, liefert ein ziemlich gutes Maaß für den durchschrittenen Raum; der Werth dieses Maaßes aber wird durch den sogenannten Schrittzähler (Pedometer) erhöhet, welches Instrument uns der Mühe überhebt, die Schritte selbst zu zählen. Ein ähnlicher Mechanismus wird angewendet, um die Umwälzungen eines Rades an einem Wagen zu zählen, und dadurch zu bestimmen, welche Strecke Weges man zurückgelegt habe. Ein zwar dem Zweck nach ähnliches, aber in seiner Construction abweichendes Instrument, wird zum Zählen des Kolbenwechsels einer Dampfmaschine, oder der Anzahl der, unter dem Prägestock vollendeten Münzen angewendet.

Eines andern Instruments zum Registriren bedient man sich in einigen Anstalten zum Kalandern und Drucken. Viele hunderttausend Ellen Kattun und andere Zeuge durchlaufen wöchentlich diese Operationen, und da hierfür nur ein geringer Preis bezahlt wird, so würde der Werth der Zeit, welche das Ausmessen kostet, den Gewinn bedeutend vermindern. Man hat daher eine Maschine erfunden, um das Längenmaaß der Waaren, während sie schnell durch die Hand des Arbeiters laufen, zu ermitteln und einzuzeichnen, und zwar so, daß unmöglich ein Fehler beim Zählen vorkommen kann.

Unter allen Vorrichtungen dieser Art ist vielleicht keine so nützlich, als die, mittelst deren man sich der Wachsamkeit des Nachtwächters versichern kann. Es ist dieß ein, mit einer Uhr in Verbindung stehender Mechanismus. Die Uhr befindet sich in einem Zimmer, zu welchem der Nachtwächter keinen Zutritt hat; dagegen muß er einmal in jeder Stunde an einer Schnur ziehen, die an einem gewissen Punkte seines Reviers angebracht ist. Die Vorrichtung nun, welche sehr passend Ausplauderer (tell-tale) genannt wird, benachrichtigt den Eigenthümer, ob der Wächter irgend eine und welche Stunde er verfehlt hat.

X. Ersparung bei den anzuwendenden Materialien.

Durch die Genauigkeit, mit welcher alle Arbeiten von den Maschinen ausgeführt werden und durch die große Aehnlichkeit der durch dieselben verfertigten Artikel wird eine Ersparung bei dem Verbrauch des rohen Materials veranlaßt, die in manchen Fällen von großer Wichtigkeit ist.

Bei der frühesten Methode, aus einem Baumstamm Bretter darzustellen, bediente man sich dazu der Axt. Wahrscheinlich wurde er zuerst in drei oder vier Theile zerspalten und jedem Theile sodann mittelst jenes Werkzeugs eine glatte Oberfläche gegeben. Bei einem solchen Verfahren konnte die Menge der Bretter der Menge des verbrauchten rohen Materials nicht gleichkommen, ja sie mußte, wenn die Bretter dünn waren, bei weitem geringer sein. Mit einem verbesserten Werkzeuge, mit der Säge, erlangte man ein ganz anderes Verhältniß. Verwandelt man mittelst der Säge den Block in starke Bohlen, so beträgt der Verlust nur einen geringen Bruchtheil, der sich, selbst wenn die Bretter nur einen Zoll stark sind, nur auf den achten Theil des rohen Materials belauft. Wird das Holz noch dünner geschnitten, z. B. zu Furniren, so würde freilich das Verhältniß des Verlustes zum rohen Material bedeutender sein, allein man bedient sich alsdann sehr dünner Sägen, oder bei kostbaren Holzarten schabender Klingen, so daß gar nichts verloren geht.

Die so schnellen Verbesserungen der Buchdruckerpressen in den letzten zwanzig Jahren, geben ein anderes Beispiel für die Ersparung des consumirten Materials, eben so anziehend wegen seines nähern Zusammenhanges mit der Literatur, als werthvoll, weil es durch genaue Messungen über allen Zweifel gestellt ist.

Bei dem ältern Verfahren beim Auftragen der Farbe oder der Buchdruckerschwärze auf die Lettern, bediente man sich der Druckerballen, halbkugelförmiger, ausgepolsterter und mit Leder überzogener Ballen. Der Drucker nahm eine kleine Quantität Schwärze vom Farbestein und wälzte

dann beide Ballen in verschiedenen Richtungen beständig übereinander, um eine dünne Schwärzeschicht gleichförmig über die Oberflächen der Lettern zu vertheilen. Diese trug er nun wälzend und tupfend auf die Typen auf. Bei einem solchen Verfahren mußte, selbst bei großer Geschicklichkeit des Arbeiters, eine nicht unbedeutende Menge der Schwärze sich an den Rändern der Ballen ansetzen und da selbige nicht auf die Typen kam, so wurde sie hart und unbrauchbar und mußte als eine dicke Rinde abgenommen werden. Allein dieß war nicht der einzige Uebelstand; die Quantität der auf dem Farbebrett ausgebreiteten Schwärze war durch kein Maaß regulirt. Eben so hing es allein von dem Willen des Arbeiters ab, wie oft und in welcher Richtung er die Ballen über einander wälzte; daher denn die Unmöglichkeit, eine gleichmäßige Schicht, die nur die zum Abdruck erforderliche Quantität der Schwärze enthielt, auf die Typen zu bringen. Durch die Einführung von Auftrage-Walzen, bestehend aus einer elastischen Mischung von Leim und Syrup, wurde allerdings eine bedeutende Ersparniß an Schwärze erreicht; jedoch blieb es der Mechanik vorbehalten, die höchste Ersparniß möglich zu machen.

Nach Einführung der, durch Dampfkraft in Bewegung gesetzten Druckmaschine, fand man, daß die Wirkungsart derselben jenen Walzen sich sehr gut anpassen ließ; man brachte einen Farbebehälter an, aus welchem eine Walze regelmäßig eine kleine Menge Schwärze zu jedem Abdruck herausnahm. Drei bis fünf andere Walzen vertheilen nun diese Quantität gleichmäßig über eine, durch höchst sinnreiche Vorrichtungen fast bei jeder Maschine verschieden gestalteten Platte. Ueber diese letztere führt eine andere Walze, welche mit der auf diese Weise aufgenommenen Schwärze, unmittelbar vor dem Abdrucke des Bogens über die Typen hin- und zurückgeht. Wir theilen die Resultate sehr genauer Versuche mit, die in einer der größten Officinen Londons angestellt worden sind. Es wurden zweihundert Ries Papier, bei der alten Auftragemethode mittelst Ballen, bedruckt; andere zweihundert Ries von demselben Papier, zu demselben Buche gehörig, wurden unter Pressen bedruckt, die ihre Lettern selbst schwärzten.

Der Schwärzeverbrauch bei der Maschine verhielt sich zu dem der Presse mit Ballen-Auftragung, wie 4 zu 9, oder betrug etwas weniger noch als die Hälfte.

Um zu zeigen, daß diese Auftragemethode die richtige Schwärze-Quantität auf die Typen bringe, müssen wir erstlich zeigen, daß sie nicht zu gering ist; dieß würde man bald durch die Klagen des Publikums und der Buchhändler erfahren; zweitens aber, daß sie auch nicht zu groß ist. Letzteres wird auf eine genügende Weise dadurch entschieden, wenn man erwägt, wie oft die sogenannte Unterlage bei der ehemaligen Methode ausgewechselt werden mußte. Wenige Stunden, nachdem der Bogen auf der einen Seite bedruckt worden, ist die Schwärze hinlänglich trocken, um ihn auch auf der andern Seite bedrucken zu können. Da aber ein bedeutender Druck dabei angewendet werden muß, so schützt man die schon bedruckte Seite gegen Beschmutzung, indem man zwischen ihr und dem Tiegel, einen Maculaturbogen legt. Auf denselben kommt hintereinander ein jeder Bogen des zu druckenden Werks zu liegen, so daß es, je nach der Trockenheit der Bogen, oder der auf

ihnen befindlichen Schwärzemenge, allmählich mehr oder weniger von der Schwärze annimmt. Bei der frühern Methode mußte man die Unterlage nach hundert Abdrücken wechseln, weil sie alsdann zum weitern Gebrauch schon zu beschmutzt war. Bei dem Maschinendruck bedient man sich aber statt eines Maculaturbogens eines Battisttuchs, welches erst nach fünftausend Abdrücken gewechselt zu werden braucht und das selbst bei zwanzigtausend Abdrücken rein genug blieb. Hier haben wir also einen Beweis, wie viel Schwärze bei der alten Druckmethode nutzlos verschwendet, welches bei dem vollkommenen Maschinendruck gänzlich vermieden wird, indem nur die zum Druck selbst nöthige Schwärze auf die Lettern kommt.

XI. Identität der Arbeiten gleicher Art.

Nichts ist merkwürdiger und dennoch weniger unerwartet, als die vollkommene Gleichheit von Dingen, welche mit einem und demselben Werkzeuge verfertigt sind. Soll der Deckel einer runden Büchse dicht auf dieselbe schließen, so läßt sich dieß dadurch erreichen, daß man den Drehstahl der mechanischen Vorlage der Drehbank nach und nach vorwärts bewegt und so lange probirt, bis daß der rechte Schluß zwischen Büchse und Deckel gefunden ist. Ist derselbe aber einmal ermittelt, so lassen sich tausend Dosen ohne weitere Schwierigkeiten verfertigen; der Drehstahl wird bis an den Endpunkt vorgeschoben und jeder Deckel wird auf die Büchse schließen.

Dieselbe Gleichheit findet bei allen Druckarten statt; die Abdrücke desselben Holzschnitts, oder derselben Kupferplatte zeigen eine durch keine Hand zu erreichende Aehnlichkeit. Die feinsten Linien werden auf alle Abdrücke übertragen, wie unaufmerksam oder ungeschickt der Arbeiter auch immer sein möge. Der stählerne Durchschlag, womit der Kartenpfropfen für eine Vogelflinte geschlagen wird, bringt, wenn er seinen Dienst einmal mit Genauigkeit verrichtet, stets dasselbe Kreisrund hervor.

XII. Genauigkeit der Arbeiten verschiedener Art.

Die Genauigkeit, mit der die Maschinen ihre Arbeiten verrichten, ist vielleicht einer der wichtigsten Vortheile derselben. Dawider läßt sich freilich bemerken, daß ein großer Theil von diesem Vortheil sich auf Zeitersparniß zurückführen lasse.

Im Allgemeinen bewirkt jede Verbesserung der Werkzeuge, daß in einer gegebenen Zeit mehr Arbeit geliefert werden kann. Ohne Werkzeuge, d. h. mit bloßen Händen, lassen sich unzählige Dinge gar nicht machen. Man unterstütze die menschliche Hand durch das allerroheste Schneidewerkzeug, so sind ihre Kräfte vermehrt; die Anfertigung von vielen Dingen wird dann schon leicht und von andern, obwohl mit Anstrengung, möglich. Kommt zu dem Messer oder dem Beile noch die Säge, so wird manches, was früher schwierig gewesen ist, schon leicht, allein es eröffnet sich dagegen wieder eine neue Reihe von schwierigen Arbeiten. Diese Bemerkung ist auch auf die vollkommensten Handwerkszeuge und Maschinen anwendbar. Es würde einem geschickten Arbeiter allerdings möglich sein, mittelst Feilen und Polirmitteln aus einem Stück Stahl, einen Cylinder zu bilden; doch würde die Zeit, die es wahrscheinlich erfordert, so bedeutend und die fehlschlagenden Versuche würden so zahlreich sein, daß zu allen praktischen Zwecken, solch eine Art der Anfertigung stählerner Cylinder, unausführbar sein würde.

Dagegen ist derselbe Prozeß auf einer Drehbank mit mechanischer Vorlage das tägliche Geschäft von Hunderten von Arbeitern.

Es ist weit leichter, einen richtigen Kreis, als eine richtige gerade Linie hervorzubringen. Von allen mechanischen Operationen ist daher die des Drehens die vollkommenste. Wenn zwei Oberflächen gegen einander arbeiten, so streben beide, ihre anfängliche Figur sei auch welche sie wolle, die Gestalt von Kugelabschnitten anzunehmen. Die eine derselben wird concav, die andere convex, in verschiedenen Graden der Krümmungen. Eine ebene Oberfläche bildet die Trennungsgränze zwischen Concavität und Convexität und ist daher schwer zu erreichen. Eine ähnliche Schwierigkeit zeigt sich bei dem Schleifen der Spiegel für Teleskope; die Parabel ist die Oberfläche, welche die Hyperbole von der Ellipse trennt und sie ist am schwierigsten hervorzubringen. Wird eine an ihrem Ende nicht cylindrische Spindel in ein nicht kreisrundes Loch gedrängt und die Spindel fortwährend umgedrehet, so haben beide Körper das Bestreben, in dieser Richtung zu einander kegelförmig zu werden, oder kreisförmige Querschnitte zu erhalten. Wird eine dreieckige Eisenspitze in einem kreisförmigen Loche bearbeitet, so drehen sich die Ecken nach und nach ab und sie wird kegelförmig. Diese Bemerkungen erläutern wenigstens die Principien, auf denen die Vorzüge der auf der Drehbank dargestellten Arbeiten beruhen.

Das Eindrücken der Zahlen auf die Banknoten ist eine Operation, die mit höchster Genauigkeit ausgeführt werden muß und obgleich jede Zahl von der andern verschieden ist, so sind doch wenige Räder hinreichend.

Vom Copiren.

Die beiden letzten Quellen des Vorzugs der durch Maschinen hervorgebrachten Arbeit entspringen aus einem Principe, welches in einem großen Theil aller Fabriken herrscht und von dem größtentheils die Wohlfeilheit der producirten Gegenstände abzuhängen scheint. Dieses Princip ist das System des Copirens im ausgedehntesten Sinne des Worts. In manchen Fällen wird unendliche Sorgfalt auf das Original verwendet, von dem eine Reihe von Copien genommen werden sollen und je größer die Anzahl der letztern ist, desto mehr Mühe kann auch auf das Original verwendet werden. So kann es denn geschehen daß das Instrument oder Werkzeug, mittelst dessen das Werk wirklich hervorgebracht wird, fünf- bis zehntausendmal den Preis eines jeden Einzelnen der Producte kostet.

Da nun das System des Copirens von so großer Wichtigkeit und von so ausgedehnter Anwendung in den Künsten und Gewerben ist, so wird es zweckmäßig sein, eine bedeutende Anzahl der Prozesse, bei denen es benutzt wird, hier aufzuführen; jedoch darf diese Aufzählung nicht als vollständig angesehen werden, indem wir uns nur auf diejenigen Einzelnheiten beschränkt haben, welche zur Verdeutlichung des Gegenstandes erforderlich sind.

Die Operation des Copirens wird unter folgenden Umständen ausgeführt: — durch Drucken, — durch Abgießen,

— durch das in Formen Drücken, — durch das Prägen, — mittelst Durchschlägen, — mit Verlängerung, — mit veränderten Dimensionen.

Copiren durch den Druck.

Der Druck in allen seinen zahlreichen Verzweigungen ist wesentlich eine Kunst des Copirens. Er umfaßt in seinen zwei großen Abtheilungen, dem Druck aus hohlen Linien, wie bei den Kupferplatten, und dem Druck von Erhabenheiten, wie beim Holzschnitt, eine ganze Reihe von Künsten.

Kupferdruck. — Hierbei werden die Copien gemacht, indem man mittelst eines starken Druckes eine dicke Schwärze von den in Kupfer geschnittenen Vertiefungen und Linien auf das Papier überträgt. Ein Künstler verwendet zuweilen die Arbeit eines oder mehrer Jahre auf den Stich einer Kupferplatte, die in manchen Fällen nicht mehr als etwa **500** vollkommen gute Abdrücke gestattet.

Stahlstich. — Dieser ist in vieler Hinsicht dem Kupferstich ähnlich, nur ist die Zahl der Abdrücke minder beschränkt. Eine in Kupfer gestochene Banknote kann ohne merkliche Verschlechterung nicht über dreitausend Abdrücke geben. Dagegen wurden zwei Abdrücke einer in Stahl gestochenen Banknote durch einen ausgezeichneten Londoner Künstler untersucht und er konnte nicht mit Sicherheit sagen, welches der früheste gewesen sei. Einer derselben war ein Probedruck aus dem ersten Tausend, der andere war genommen worden, nachdem man zwischen siebenzig und achtzigtausend abgedruckt hatte.

Notendruck. — Noten werden gewöhnlich mit Zink- oder in England mit Pewter-* Platten gedruckt, auf welchen die Charaktere mit Stahlpunzen eingedrückt werden. Da das Metall aber viel weicher als Kupfer ist, so erhält es leicht Schrammen, die etwas Schwärze zurückhalten und welches die Ursache des schmutzigen Ansehens mancher Noten ist. Jedoch hat der Engländer Cowper neuerlich ein Verfahren erfunden, um diesen Uebelstand zu vermeiden. Diese verbesserte Operation, welche den Charakteren Schärfe giebt, ist auch eine Art des Copirens, allein sie wird durch erhabenen Druck bewirkt.

Kattundruck mit Walzen. — Viele von den Dessins oder Mustern zu gedrucktem Kattun sind Copien, welche von kupfernen Walzen von **4** bis **5** Zoll Durchmesser genommen werden und deren Desseins vorher auf eine Stahlplatte gestochen und mittelst einer davon genommenen Patrize die Walze gravirt worden ist. Der eine Theil der Walze wird an die Farbe gebracht, während ein elastischer Schaber aus Stahl oder Bronze ähnlichem Metall, welcher stark gegen den andern Theil gedrückt wird und alle überflüssige Farbe von der Fläche wegnimmt, ehe sie das Zeug erreicht. Ein Stück Kattun von **28** Yards (à **3** Fuß, = **42** Ellen) Länge geht durch diese Walzenpresse und wird in **4** bis **5** Minuten bedruckt.

Druck mit durchlöcherten Metallblechen oder Schablonen. — Sehr dünnes Messingblech wird bisweilen in der Form von Buchstaben besonders zu Namen durchlöchert. Man legt eine solche Schablone auf die zu bezeichnende Substanz und fährt dann mit einem in irgend eine Farbe getauchten Pinsel darüber her. Die ausgeschnittenen Theile lassen die Farbe zu, so daß eine Copie des Namens auf der Unterlage erscheint.

Diese, eine etwas grobe Copie liefernde Methode wird häufig beim Ausmalen der Zimmer, besonders bei den Bordüren und auch bei Fabrikation der Papiertapeten benutzt.

Die schönen rothen baumwollenen Taschentücher, welche man in Glasgow färbt, erhalten diese Muster durch einen dem obigen ähnlichen Prozeß, nur daß man, statt von einem Muster zu drucken, ein entgegengesetztes Verfahren anwendet, — nämlich das, einen Theil der Farbe aus einem schon gefärbten Tuche zu entfernen. Eine Anzahl von Taschentüchern wird mit großer Gewalt zwischen zwei Metallplatten gepreßt, die auf ähnliche Weise mit runden oder rautenförmigen oder Löchern irgend einer andern Form, je nach dem beabsichtigten Muster, versehen sind. Die obere Metallplatte ist mit einem Rande umgeben und eine Flüssigkeit welche die Eigenschaft besitzt die rothe Farbe zu entfernen, wird auf dieselbe gegossen. Sie dringt durch die Oeffnungen der Platte und durch den Kattun, kann sich aber wegen des starken Gegendrucks an allen nicht ausgeschnittenen Theilen der beiden Platten, nicht über die Musterform hinaus verbreiten. Darauf werden die Taschentücher gewaschen und appretirt und das Muster auf jedem ist eine Copie der bei dem Prozesse gebrauchten durchlöcherten Metallplatten.

Die zweite Art, das Drucken von Flächen oder der erhabene Druck, wird weit häufiger in den Künsten und Gewerben angewendet, als die so eben betrachtete.

Druk mit Holzklötzen. — In diesem Fall ist ein Stück Buchsbaumholz die Materie, auf der das Muster geformt wird. Nachdem auf demselben die Zeichnung skizzirt ist, schneidet der Arbeiter mit scharfen Instrumenten jeden Theil mit Ausnahme der Linien aus, welche beim Druck dargestellt werden sollen; genau das Gegentheil von der Kupferstecherei, bei welcher jede Linie, die sich ausdrücken soll, ausgegraben wird. Die Schwärze wird, statt die in Holz geschnittenen Vertiefungen auszufüllen, auf die hervorstehenden Flächen aufgetragen und von da aufs Papier abgedruckt.

Hierher gehört auch die sogenannte Metall-Ektypographie, d. h. das Verfahren auf Kupfer erhaben reproducirte Zeichnungen darzustellen, welches Dembour in Metz (die Metall-Ektypographie 2c. A. d. Franz. von H. Meyer, Braunschweig **1835**) erfunden und welches den Holzschnitt auf eine leichtere und sicherere Weise ersetzt, ja übertrifft.

Druck mit beweglichen Typen. — Diese ist, ihrem Einflusse nach die wichtigste aller Arten des Copirens. Ihre ganz besondere Eigenthümlichkeit besteht in der unendlichen Vertheilung der einzelnen das Muster bildenden Stücke. Nachdem dieses Tausende von Abdrücken geliefert hat, können dieselben einzelnen Elemente wieder und wieder in anderer Ordnung aufgereihet werden und auf diese Weise eine Menge von Originalen liefern, von denen Jedes Tausende von copirten Abdrücken zuläßt.

* Unter dem Namen Pewter sind in England mehre Legirungen bekannt, die hauptsächlich zu Geräthen verarbeitet werden und im Wesentlichen aus Zinn mit Blei, Antimon, Wismuth, Kupfer und Zink bestehen.

Stereotypen-Druck. — Diese Art des Copirens ist der vorigen sehr ähnlich, allein da das Original-Muster nicht umgesetzt werden kann, so bedient man sich ihrer nur, wenn eine außerordentliche Anzahl von Copien verlangt wird oder, wenn ein Werk aus Zahlen besteht, um sich ihrer Genauigkeit zu versichern. Einzelne Abänderungen können vorgenommeu werden und so lassen sich mathematische Tafeln durch die allmähliche Verbesserung ihrer Fehler zuletzt vollkommen darstellen. Die Art des Copirens gewährt, so wie die mit beweglichen Lettern, zugleich den Vortheil, daß sie im Verein mit Holzschnitten oder mit den erwähnten ektypographirten Kupferplatten gebraucht werden kann, eine häufig sehr wichtige Verbindung, welche bei Kupferstichen und Lithographien nicht mit gleicher Leichtigkeit zu bewirken ist.

Kattundruck mit Holz. — Es ist dieß eine Art, durch erhabenen Druck Copien von den Enden kleiner verschieden gestalteter Kupferdrahtstücke zu nehmen, die in einem Holzklotz befestigt sind. Sie stehen alle in gleicher Höhe, etwa $1/8$ Zoll über der Oberfläche des Holzes vor und werden von dem Verfertiger zu irgend einem verlangten Muster aneinander gereihet. Setzt man nun den Holzblock auf ein Stück feines wollenes Zeug, über welches irgend eine Farbe gleichmäßig ausgebreitet ist, so nehmen die hervorstehenden Kupferdräthe einen Theil davon an, den sie wieder absetzen, wenn sie auf den zu bedruckenden Kattun gebracht werden. Bei den frühern Methoden des Kattundrucks konnte nur eine Farbe gebraucht werden, allein bei dieser Art kann man, wenn z. B. eine Rose mit einem Blockaufsatze abgedruckt ist, die Blätter mit einem andern Aufsatze mit anderer Farbe drucken.

Druck auf Wachstuch-Zeugen. — Nachdem die grobe Leinwand, welche den Grund des Wachstuchs ausmacht, mit einer Farbe bedeckt worden ist, besteht das übrige zu seiner Fabrikation anzuwendende Verfahren in einer Reihe von Copien durch Abdruck von erhabenen Mustern auf Holzblöcken, die den bei der Kattundruckerei angewendeten sehr ähnlich sind. Jede Farbe erfordert einen andern Satz von Holzblöcken und darum ist das bunteste Wachstuch auch das theuerste.

Es giebt noch verschiedene andere Druckmethoden, die wir als Arten des Copirens noch kürzlich anführen wollen und die, obgleich sie nicht eigentlich zum erhabenen Druck gehören, diesem doch näher verwandt sind, als dem eigentlichen Kupferstich.

Brief-Copirung. — Eine Art, diesen Prozeß auszuführen, ist die, ein Blatt sehr dünnes Papier anzufeuchten und auf die zu copirende Schrift zu legen. Es werden alsdann beide Blätter durch eine Walzenpresse gezogen und es wird auf diese Weise ein Theil der Tinte des einen auf das andere übertragen. Natürlich erscheint die Schrift durch dieses Verfahren verkehrt, allein bei dem dünnen Papier, worauf sie übertragen worden, ist sie auf der andern Seite in unveränderter Stellung sichtbar.

Eine andere gewöhnliche Art des Brief-Copirens besteht darin, ein auf beiden Seiten mit Lampenschwarz bedecktes Papier zwischen ein Blatt dünnes Papier und dasjenige zu legen, worauf der zu copirende Brief geschrieben werden soll. Schreibt man nun mit einem harten Stift auf dem obern oder dünnen Blatt, so drücken sich die mit diesem

Griffel geschriebenen Buchstaben vom schwarzen Papier auf den beiden anliegenden weißen Seiten aus. Die Durchsichtigkeit des obern Blattes, welches der Schreiber behält, ist in diesem Falle nöthig, um die auf der Rückseite des Papiers stehende Schrift lesbar zu machen. Beide Arten des Copirens sind in ihrer Anwendung sehr beschränkt, da sie höchstens zwei bis drei Wiederholungen gestatten.

Porzellan-Druck. — Diese Art des Copirens wird sehr häufig angewendet. Da die Oberflächen, auf welche der Druck übertragen werden soll, oft gekrümmt und bisweilen sogar canellirt sind, so wird die Farbe zuerst von der Kupferplatte auf eine biegsame Substanz, wie Papier, oder auf eine elastische Zusammensetzung von Leim und Syrup und in der Regel von diesen auf das Biscuit getragen, an dem sie leicht anhängt.

Steindruck. — Dieß ist eine andere Art, Copien in fast unbegrenzter Anzahl hervorzubringen. Das die Copien liefernde Original ist eine auf einem dichten feinen Kalkstein aufgetragene Zeichnung. Die zum Zeichnen angewendete Farbe besteht aus so fettigen Materien, daß wenn man Wasser auf den Stein gießt, dasselbe die Linien der Zeichnung nicht näßt. Geht sodann eine mit öliger Druckerschwärze bedeckte Rolle über den vorher benetzten Stein hin, so hindert das Wasser diese Farbe an den unbedeckten Stellen zu haften, während die zur Zeichnung gebrauchte Materie so beschaffen ist, daß die Schwärze an ihr hängen bleibt. In diesem Zustande wird die letztere auf ein über den Stein gelegtes Blatt Papier übertragen werden, wenn man es unter die Presse bringt, während die zur Zeichnung angewandte Farbe unverändert auf dem Stein zurückbleibt.

Copiren durch Abguss.

Die Kunst zu gießen, indem man Substanzen in einem flüssigen Zustande in eine Form laufen läßt, welche sie so lange aufnimmt, bis daß sie fest geworden, ist im Wesentlichen eine Art des Copirens, indem der dargestellte Gegenstand der Gestalt nach gänzlich dem Muster gleichet, von welchem er abgeformt ist.

Eisen- und Metallguß. — Die Originale, von denen die Formen für den Guß genommen werden, sind nach Zeichnungen verfertigte Modelle von Holz oder Metall, so daß der Abguß selbst eine Copie der Form ist und die Form eine Copie des Modells. Bei den gröbern Abgüssen von Eisen und andern Metallen und bei feinern Maschinentheilen, die eine Nacharbeit erleiden müssen, wird die genaue Aehnlichkeit zwischen den producirten Gegenständen, welche bei vielen der erwähnten Copirmethoden statt findet, in dem ersten Augenblick nicht erreicht, auch ist dieß nicht nöthig. Da die Metalle beim Erkalten schwinden, so wird das Modell größer gemacht, als der beabsichtigte Abguß, und wenn man diese von dem Sande, worin sie abgeformt worden, befreit, so kann sich hier und da ein kleiner Unterschied in dem Maaß der Höhlung vorfinden, welche sie zurückließ.

Bei kleinern Arbeiten, bei denen Genauigkeit nothwendiger ist und bei denen man nur wenige oder gar keine nachträglichen Operationen vornehmen kann, wird eine metallene, sehr sorgfältig ausgearbeitete Form angewendet.

Bei manchen Gegenständen, z. B bei den bleiernen Kinderspielzeugen werden messingene Formen genommen, die aus zwei Theilen bestehen und in denen die beabsichtigten Figuren eingegraben sind.

Gipsguß. — Diese Art des Copirens wird zu verschiedenen Zwecken angewandt: um genaue Darstellungen von menschlichen Formen, von Statuen, von seltnen Mineralien zu erlangen, zu welchem letztern Zweck sie erst neuerdings mit großem Vortheil angewendet ward. Bei jedem Gusse ist das erste, die Form zu machen und Gips ist die fast überall dazu benutzte Substanz. Seine Eigenschaft, eine kurze Zeit hindurch flüssig zu bleiben, macht ihn ganz besonders zu dem Zweck geschickt und das Anhängen, selbst an ein Original von Gips, wird unfehlbar verhütet, wenn man die Oberfläche des Modelles, von dem ein Abguß genommen wird, mit Oel bestreicht. Die um das Original gebildete Form wird in einzelnen Stücken abgelößt, wieder zusammengesetzt und hierin wird die Copie gegossen.

Wachsabgüsse. — Diese Art des Copirens, durch Coloriren unterstützt, liefert die schönsten Nachbildungen verschiedener naturhistorischer Gegenstände und giebt denselben ein so täuschendes Ansehn, daß auch das Auge des geübtesten Kenners hintergangen werden kann. Figuren merkwürdiger Menschen, deren Gesicht und Hand in Wachs bossirt war, sind seit langer Zeit schon angefertigt worden und in manchen Fällen sind auf diese Weise sehr schlagende Aehnlichkeiten erlangt worden. In seiner höchsten Kunst zeigt sich aber die Kunst des Wachsgusses in mehren anatomischen Museen, in den Sammlungen pathalogisch-anatomischer Gegenstände.

Die Kunst der Nachahmung in Wachs bringt gewöhnlich nicht die Menge der Copien hervor, die bei vielen andern ähnlichen Operationen entstehen. Ihre Zahl wird durch die spätern Stufen, welche das Verfahren zu durchlaufen hat, beschränkt, indem dieselben nicht mehr den Charakter des Copirens durch ein Werkzeug oder Muster an sich haben und folglich kostbarer sind. Durch den Guß wird nur die Form gegeben; die Färbung muß das Werk des von geschickter Künstlerhand geführten Pinsels sein.

Copiren durch Eindrücken in Formen.

Diese Methode, eine Menge einzelner Dinge hervorzubringen, die sich in ihrer äußern Gestalt vollkommen gleichen, ist in den Künsten und Gewerben von sehr ausgedehnter Anwendung. Die zu benutzenden Substanzen sind entweder von Natur oder durch künstliche Zubereitung weich und bildsam, und werden sodann durch mechanischen Druck, bisweilen auch mit Anwendung von Wärme, in das Metall von verlangter Gestalt gedrückt.

Das Streichen der Dachziegeln und Ziegelsteine. — Ein längliches hölzernes Viereck auf einem an der Bank des Ziegelstreichers befestigten Boden, ist die Form, worin jeder Ziegel oder Ziegelstein gebildet wird. Ein Theil Thon, der durch weniger geschickte Hände zubereitet ist, wird mit großer Gewalt in die zuvor mit etwas Sand bestreuete Form geworfen und schnell mit den Händen durchknetet, um ihn vollkommen in die Winkel einzudrücken. Hierauf streicht der Arbeiter den überflüssigen

Thon mit einem feuchten Holze ab und bringt den gebildeten Ziegelstein oder den Ziegel aus seiner Form auf ein Brett.

Porzellan mit erhabenen Verzierungen. — Viele der Figuren an diesen und an andern von den feinern Thonwaaren, welche unsere Tischgeräthe rc. bilden, können auf der Drehscheibe nicht gebildet werden. Die erhabenen Verzierungen am Rande der Teller, ihre polygonische Gestalt, die canellirte Oberfläche vieler Gefäße, würden durch Handarbeit nur schwierig und kostbar oder gar nicht auszuführen sein; sie werden aber leicht und in allen Theilen gleichförmig gebildet, wenn man die weiche Substanz in eine harte Form drückt.

Die auf solch eine Form verwendete Sorgfalt und Geschicklichkeit werden durch die Menge von Abdrücken, die jene hervorbringt, bezahlt. Bei vielen Arbeiten der Porzellan-Manufactur wird nun ein Theil in Formen gedrückt, z. B. die obere Fläche der Teller rc., während die untere auf der Scheibe gedreht wird. In einigen Fällen werden die Handgriffe oder nur wenige Verzierungen abgedrückt, der Körper des Gefäßes aber gedreht.

Glassiegel. — Das Schneiden in Stein erfordert viele Zeit und Geschicklichkeit, weshalb die auf diese Weise angefertigten Siegel oder Pettschafte nie sehr allgemein werden können. Man hat aber Nachbildungen von Glas von verschiedenen Graden der Aehnlichkeit gemacht, wobei die dem Glase gegebene Farbe vielleicht der erfolgreichste Theil der Nachahmung ist. Ein kleiner cylindrischer Stab von gefärbtem Glase wird so lange in der Löthrohr-Flamme erhitzt, bis daß das Ende weich wird. Dasselbe wird dann zwischen die Enden einer messingenen Zange, auf deren einen Seite die für das Siegel beabsichtigte Figur oder sonstige Devise erhaben ausgeschnitten ist, gedrückt. Bei gehörig sorgfältiger Erhitzung des Glases und feiner Ausführung der Form sind diese Nachbildungen nicht schlecht und stets sehr wohlfeil.

Viereckige Glasflaschen. — Die gewöhnlichen runden Formen der Glasgefäße werden leicht durch die Ausdehnung der Luft, womit man dieselben aufbläßt, hervorgebracht. In manchen Fällen ist es aber nöthig, viereckige Flaschen, die alle genau dieselbe Quantität Flüssigkeit enthalten sollen, zu haben; auch ist es oft wünschenswerth, daß Namen darauf abgedrückt werden. Man wendet dazu eine eiserne, kupferne oder messingene Form von der beabsichtigten Größe an, deren Innenseite den verlangten Namen eingegraben enthält. Diese Form, welche warm gemacht wird, öffnet sich in zwei Theile, um die runde unvollendete Flasche aufzunehmen, welche noch weich und noch an dem Blaserohr sitzend hineingebracht wird. Dann verschließt man die Form und zwängt das Glas durch starkes Blasen in die Ecken derselben.

Hölzerne Dosen. — Verzierte Schnupftabacksdosen, als Nachahmungen von geschnitzter oder guillochirter Arbeit, werden zu einem Preise verkauft, der beweißt, daß es nur Nachahmungen sind. Das Holz oder Horn, woraus sie gemacht sind, wird durch langes Kochen im Wasser erweicht und in diesem Zustande in Formen von Eisen oder Stahl gepreßt, worin die verlangten Modelle geschnitten sind und in denen die Substanz, bis daß sie getrocknet ist, einem großen Drucke ausgesetzt bleibt.

Hörnerne Messerschalen und Regenschirmgriffe. — Die Eigenthümlichkeit des Horns, durch die Wirkung des Wassers und der Hitze weich zu werden, macht es zu manchen nützlichen Zwecken geschickt. Man drückt es in Formen und es erhält erhabene Figuren, je nach der Beschaffenheit und dem Gebrauch der Gegenstände, an welchen es angebracht werden soll. Wenn das Horn krumm ist, kann es gerade, wenn es gerade krumm gebogen und in die durch die Zierrathe oder den Gebrauch bedingte Form gebracht werden und es lassen sich diese Gestalten in endloser Verschiedenheit vervielfältigen und zu sehr wohlfeilen Preisen darstellen.

Auch Schildpatt wird auf dieselbe Weise bearbeitet, jedoch, weil es theurer ist, seltner, sondern es geschieht die Verarbeitung gewöhnlich mit der Hand.

Irdene Tabakspfeifen. — Dieser einfache Fabrikationszweig gehört fast ganz dem Copiren an. Die Formen bestehen aus Eisen und aus zwei Hälften, deren Verbindungslinie man stets an einem Längenstriche von dem einen Ende der Pfeife bis zum andern bemerken kann. Die Höhlung der Röhre wird dadurch hervorgebracht, indem man einen langen Drath durch den Thon stößt, während er in der Form eingeschlossen ist.

Erhabener Kattundruck (Embossing engl.). — Man läßt den einfarbigen Kattun durch Walzen gehen, auf deren einer das auf dem Kattun erhöhet darzustellende Muster eingeschnitten ist. In diese wird das Zeug mit großer Kraft gedrückt und behält das Muster noch nach langem Gebrauch.

Aehnlich ist die Darstellung erhabener Arbeiten auf Leder. Die Muster werden auf stählerne Walzen gravirt, in welche das Leder gedrückt und der Theil, welcher nicht in eine Vertiefung trifft, zwischen den Walzen stark zusammengepreßt wird.

Senkarbeit (Swaging engl.). — Dies ist eine von den Schmieden benutzte Art des Copirens. Um Eisen oder Stahl beim Schmieden in irgend eine verlangte Form zu bringen, wendet man kleine stählerne Blöcke an, in welchen die verschieden gestalteten Vertiefungen vorhanden sind. Diese nennt man Gesenke (swages) und die meisten derselben bestehen aus zwei Stücken, aus einem Ober- und aus einem Untertheil. Will man z. B. einen runden Bolzen schmieden, der mit einem cylindrischen Kopfe von größerm Durchmesser, an welchem ein oder mehre Ansätze vorhanden sein sollen, versehen ist, so wird das glühende Eisen durch sogenanntes Stauchen verdickt, in das Untertheil des entsprechenden Gesenks gelegt, das Obertheil in Gestalt eines sogenannten Setzeisens darauf gehalten und indem das Eisen in Viertelwendungen gedreht wird, auf jenes so lange geschlagen, bis das weiche Eisen die verlangte Form angenommen hat.

Gravirung der Kupferplatten durch Druck. — Dies ist eins der schönsten Beispiele der zu einer fast unbegränzten Ausdehnung gebrachten Kunst des Copirens. Die Zartheit mit der sie ausgeführt werden kann und die Genauigkeit, womit die feinsten Spuren des Grabstichels von Stahl auf Kupfer, oder von hartem auf weichen Stahl übertragen werden können, ist fast unglaublich. Die meisten Vorrichtungen, mittelst deren diese Kunst so sehr vervollkommnet worden ist, verdanken wir dem Amerikaner

Perkins. Man gravirt zuerst in weichen Stahl, der durch ein besonderes Verfahren, ohne nachtheilig auf die zarte Gravirung einzuwirken, gehärtet wird. Dieser harten gravirten Platte bedient man sich als Matrize, um mittelst derselben Patrizen anzufertigen, welche zur beliebigen Uebertragung des Stichs auf andere Platten dienen. Zur Anfertigung der Patrizen dient eine Walze aus Gußstahl (Molette), welche in einem Gestell sich um ihre Axen drehen kann; sie muß eine so große Oberfläche besitzen, daß sie die Platte gerade bedeckt. Die Walze weich gemacht und mit großer Kraft gegen die harte Matrize angedrückt, so daß sich die Zeichnung auf die Patrize rein überträgt und auf dieser erhaben zum Vorschein kommt. Darauf wird die Patrize eben so gehärtet, wie die Matrize und kann nun angewendet werden, um auf Kupfer oder weichgemachte Stahlplatten dieselbe Zeichnung zu übertragen, welche letztere dann wieder gehärtet und blau angelassen werden, um sie zum Abdruck vorzubereiten. Nicht allein zu Kupfer- und Stahlplatten, sondern ganz besonders auch zur Verfertigung von Papiergeld, Banknoten, ist dieses Verfahren der Siderographie mit Vortheil angewendet worden. Daß auf gleiche Weise auch die Desseinwalzen für Kattundruckereien, welche Walzendruck verfertigen, gearbeitet werden, ist schon oben bemerkt worden.

Gold- und Silberverzierungen, so wie sie häufig von den Gold- und Silberarbeitern gebraucht werden und die in dünnen Plättchen und Streifen bestehen, erhalten ihre Gestalt dadurch, daß man sie zwischen Stahlwalzen durchgehen läßt, auf denen das Muster erhaben oder vertieft gearbeitet ist. Man kann auf diese Weise jede beliebige Anzahl von Copien erhalten.

Papierverzierungen. — Gefärbte oder mit Gold- und Silberblättern belegte und mit verschiedenen erhabenen Mustern versehene Papiere, welche zum Einbinden der Bücher, zu Papparbeiten und zu Ornamenten verschiedener Art benutzt werden stellt man ebenfalls dar, indem man die Blätter zwischen gravirten Walzen durchgehen läßt.

Copiren durch Prägen.

Dieses Prinzip des Copirens kommt bei sehr vielen Künsten und Gewerben in Anwendung. Man führt es mittelst des Prägwerks aus, dessen wesentliche Theile eine Schraube und ein Schwengel mit Schwungkugeln sind. Die Materialien, auf denen die Copien geprägt werden, sind am häufigsten Metalle und der Prozeß wird bisweilen, während sie heiß sind, in einem Falle jedoch, während das Metall sich in einem halbflüssigen Zustande befindet, ausgeführt.

Alle als Geld im Umlauf befindlichen Münzen, werden durch diese Art des Copirens dargestellt. Die Prägestöcke werden entweder mit der Hand oder mit Wasser- oder mit Dampfkraft getrieben. Die vor einigen Jahren von London nach Calcutta gesandte Münzmaschine konnte täglich **200,000** Stück prägen.

Medaillen, auf denen die Figuren mehr erhaben zu erscheinen pflegen, als auf Münzen, werden auf ähnliche Weise dargestellt, allein ein einziger Stoß des Prägewerks reicht selten hin, dieselben zu vollenden und die durch denselben erfolgende Zusammendrückung des Metalles

macht es zu hart, so daß es nicht noch mehr Stöße erhalten kann, ohne nicht den Stempeln zu schaden. Es wird daher das Stück nach diesem ersten Prägen in einen Ofen gebracht, worin man es sorgfältig bis zum Rothglühen erhitzt, sodann aber wieder zwischen die Stempel legt, um es fertig zu prägen, ja bei großen Medaillen und bei solchen, die sehr hervorstehende Figuren haben, muß dieser Prozeß öfter wiederholt werden. Bei einer der größten bis jetzt geprägten Medaillen mußte dieß Verfahren, ehe sie vollendet ward, wohl hundertmal wiederholt werden.

Verzierungen an Monturstücken. — Diese werden gewöhnlich von Messingblech gemacht, indem man dasselbe zwischen zwei Stempel oder Stanzen legt und mittelst eines Fallwerks ausschlägt.

Knöpfe mit erhabenen Verzierungen, oder solche von hemisphärischer Gestalt, werden ebenfalls zwischen Stempeln geprägt, und eben so die Köpfe von verschiedenen Arten von

Nägeln, welche Kugelsegmente oder Polyeder sind.

Das Abklatschen oder Clichiren, ein sehr bemerkenswerthes Verfahren, durch Stempel zu copiren, wird bei Darstellung von Medaillen und zuweilen auch von Stereotypplatten und Holzschnitten angewendet. Bei verschiedenen Legirungen von Blei, Zinn und Antimon giebt es vor dem Schmelzpunkte einen gewissen Hitzgrad, wobei sie weder fest noch ganz flüssig ist. In dieser Art von Pasten-Zustand wird die Mischung in ein Gefäß unter einen Stempel gebracht, der mit beträchtlicher Kraft darauf fällt. Der Schlag treibt das Metall in die feinsten Linien des Stempels und die Kälte des letztern macht die ganze Masse sogleich fest. Ein Theil des halbgeschmolzenen Metalles wird durch den Schlag nach allen Richtungen herausgetrieben, jedoch von den Wänden des Gefäßes, in welchem die Abklatschung erfolgt, zurückgehalten. Die auf diese Weise hervorgebrachte Copie ist sehr scharf, allein die Seiten sind rauh und müssen geebnet und die Stärke der Stücke muß erst durch Drehen gleichmäßig gemacht werden.

Copiren mittelst Durchschlägen.

Diese Art des Copirens besteht darin, daß man entweder durch Stoß oder Druck einen stählernen Durchschlag (Ausschlagpunzen, Ausschlageisen) durch die zu schneidende Masse treibt. In einigen Fällen ist der Zweck der, wiederholte Copien mit derselben Oeffnung zu machen, so daß die von der Platte getrennte Substanz das Nichtbenutzte ist, in andern Fällen sind es aber eben die kleinen ausgeschlagenen Stücke, welche man benutzen will.

Lochen eiserner Bleche zu Dampfkesseln. — Das hierzu gebrauchte stählerne Locheisen ist $^1/_4$ bis $^1/_2$ Zoll stark und treibt aus den Blechen zirkelförmige Scheiben von $^1/_2$ bis $^3/_4$ Zoll Durchmesser.

Durchschlagen des Weißblechs. — Die Verzierungsmuster von durchbrochener Arbeit an den weißblechernen und lakirten Waaren, werden nicht immer von demselben Handwerker der die letztern anfertigt, ausgearbeitet. In London z. B. wird die Kunst, solche Verzierungen mittelst Schraubenpressen darzustellen, als ein besonderes Gewerbe betrieben und eine Menge von Weißblechen wird

zu Sieben, Weinseihern, Schenktischrändern und zu ähnlichen Zwecken durchlöchert und es ist bemerkenswerth, zu welcher Vollkommenheit und Regelmäßigkeit die Kunst gebracht ist. Auch Kupferbleche werden mit kleinen Oeffnungen von $^1/_{100}$ Zoll Durchmesser in solcher Menge durchlöchert, daß der Abgang von dem Blech größer ist, als das zurückbleibende Sieb und man hat schon zinnerne Platten so durchbohrt, daß mehr als 3000 Löcher auf jeden Quadratzoll kamen.

Bei allen übrigen Beispielen des Copirens mittelst Durchschlägen ist der zu benutzende Theil der ausgeschnittene.

Kartenscheiben für Schießgewehre. — Der Ersatz der Papierpfropfen durch kreisförmige Scheiben von dünner Kartenpappe, um die Schrotladung einer Flinte in ihrer Lage zu erhalten, hat ihren bedeutenden Vortheil. Jedoch würde man sie nicht mit Nutzen anwenden können, gäbe es nicht eine leichte Methode, eine unbeschränkte Zahl von Kartenscheiben hervorzubringen, die alle in die Mündung des Laufes passen. Nun schneidet aber das kleine stählerne Instrument, welches man dazu gebraucht, unzählige Scheiben aus, die seinem Schneiderand entsprechen und wovon jede genau den Flintenlauf ausfüllt.

Verzierungen von Goldpapier. — Die goldenen Sterne, Blätter und andere Figuren, die man zur Verzierung von Papier- und Papparbeiten und zu andern Spielzeugen anwendet, werden mit Durchschlägen von verschiedener Gestalt aus Bogen von Goldpapier ausgeschnitten.

Uhrketten. — Die Kette, welche bei den gewöhnlichen Taschenuhren das Federgehäuse mit der Schnecke verbindet, wird aus kleinen Stahlplättchen zusammengesetzt und es ist von Wichtigkeit, daß alle diese Stücke von gleicher Größe sind. Die Glieder sind zweierlei Art; die eine besteht in einem einzigen länglichen Stahlplättchen mit zwei Löchern, die andere aus zwei solchen Plättchen, die neben einander liegen und die Enden zweier einzelnen Plättchen zwischen sich haben. Beiderlei Glieder wechseln daher mit einander und werden mittelst Nieten, die durch alle drei Plättchen gehen, mit einander verbunden. Würden nun die Löcher an den Doppelgliedern nicht genau in gleichem Abstande liegen, so müßte die Kette unbrauchbar sein.

Copiren mit Verlängerung.

Bei dieser Art des Copirens besteht sehr wenig Aehnlichkeit zwischen dem Original und der Copie; nur der Querschnitt des producirten Gegenstandes ist dem Instrument, womit er gearbeitet wurde, gleich. Sind die zu bearbeitenden Substanzen hart, so gehen sie oft nacheinander durch verschiedene Löcher und bisweilen ist es erforderlich, sie von Zeit zu Zeit zu erhitzen.

Drahtziehen. — Das in Draht zu verwandelnde Metall erhält eine cylindrische Form und wird mit großer Gewalt durch runde in Stahlplatten befindliche Löcher gezogen; bei jedem neuen Durchziehen wird es dünner und wenn es vollendet ist, so liefert sein Querschnitt an irgend einem Punkte eine genaue Copie des letzten Loches, durch welches es gezogen worden. Auf den stärkern Drahtsorten sieht man oft feine nach der Länge des Drahtes laufende

Striche, welche daher rühren, daß die Löcher in den Zieheisen nicht gut ausgearbeitet sind. Der Draht hat eine sehr ausgedehnte Anwendung in den Künsten und Gewerben, gewöhnlich von kreisrundem, zuweilen auch von viereckigem oder halbrundem Querschnitt und es sind alsdann die Löcher in dem Zieheisen selbst viereckig, halbrund oder überhaupt so gestaltet, wie der Draht werden soll.

Eigenthümlich geformte Arten von Stahldraht sind der Triebstahl mit 6, 7, 8, 10 oder 12 Längenfurchen, wodurch der Querschnitt die Gestalt eines kleinen gezahnten Rades erhält und der von den Uhrmachern zur Verfertigung der Getriebe angewendet wird; der Sperrkegelstahl, ebenfalls zum Gebrauch der Uhrmacher, nämlich zur Verfertigung kleiner Sperrkegel.

Ziehen der Röhren. — Das Verfahren, Röhren von gleichmäßigem Durchmesser zu bilden, ist in der Ausführung dem des Drahtziehens ziemlich ähnlich. Nachdem das Messing- oder irgend ein anderes Blech, aus denen die Röhre angefertigt werden soll, cylinderförmig gebogen und zusammen gelöthet worden ist, so zieht man es, wenn es der Durchmesser der Außenseite ist, der gleichmäßig werden muß, durch eine Reihe von Löchern wie den Drath. Soll dagegen der innere Durchmesser gleichmäßig ausfallen, so werden mehre stählerne Cylinder, sogenannte Dorne durch die Röhren gezogen.

Bei den Röhren zu Teleskopen müssen beide Durchmesser gleichförmig sein. Man steckt daher einen stählernen Dorn in die Röhre und zieht diese alsdann durch eine Reihe von Löchern, bis daß der äußere Durchmesser die verlangte Dimension erreicht hat. Das Metall der Röhre zwischen den Löchern und dem in ihr steckenden stählernen Dorne wird so sehr gepreßt, daß wenn der letztere herausgezogen ist, die Innenseite der Röhre polirt erscheint. Auch wird die Röhre bei diesem Verfahren bedeutend, oft bis zum Doppelten verlängert.

Bleiröhren zu Wasserleitungen wurden früher gegossen, allein man hat gefunden, daß sie sowohl besser als wohlfeiler geliefert werden können, wenn man sie durch Löcher zieht. Man gießt nämlich einen bleiernen Cylinder von 5 bis 6 Zoll im Durchmesser und ohngefähr 2 Fuß Länge und mit geringer Höhlung längs der Axe in welche ein 15 Fuß langer eiserner Dorn mit Gewalt getrieben wird. Darauf wird der Cylinder durch mehrere Löcher gezogen, bis das Blei die Länge des Dorns und die der Größe der Röhre entsprechende Stärke erreicht hat.

Walzen des Eisens. — Will man rundes Eisen von jeder beliebigen Stärke und Draht haben, der stärker ist, als er füglich gezogen werden kann, so erfolgt deren Fabrikation zwischen Walzen, von denen jede einen halbrunden Einschnitt hat, deren mehre von verschiedener Weite neben einander liegen. Aber nicht allein mit rundem, sondern auch mit halbrundem, ovalem, quadratischem, oblongem 2c. Querschnitt kann das Stabeisen auf diese Weise angefertigt werden. Dasselbe Verfahren befolgt man auch bei der Darstellung besonderer Muster, wie Eisenbahnschienen, Wagenfedern, derjenigen Theile des Fensterrahmens, der zwei aneinander stoßende Glasscheiben mit einander verbindet u. s. w. Diese Fensterrahmstäbe sind sehr zweckmäßig, da sie nur schwach zu sein brauchen und daher weniger Licht ausschließen. Bisweilen, wie z. B. bei den sogenannten fischbauchförmigen Eisenbahnschienen, ist es erforderlich, daß die Stäbe nicht überall gleiche Stärke haben. Die Walzen haben alsdann eine eigenthümliche Einrichtung, wie wir in der zweiten Abtheilung dieses Theils näher sehen werden.

Italienische Nudeln (Vermicelli). — Die verschiedenen diesem Teige gegebenen Formen werden erlangt, indem man sie durch Oeffnungen zwängt, die in zinnernen Platten angebracht sind. Der hindurch getriebene Teig erscheint auf der andern Seite in langen Bändern. Dieselbe Methode wird von Köchen und Conditoren mehrfach angewendet.

Copiren mit veränderten Dimensionen.

Der Pantograph (eine Art Storchschnabel). — Diese Copirmethode wird hauptsächlich bei Zeichnungen oder Landkarten gebraucht; das Instrument ist einfach und kann, wie es in der Regel nur zu verkleinerten Copien benutzt wird, auch zum Vergrößern angewendet werden.

Ein vor mehren Jahren in London ausgestelltes Automat, welches die Profile der Besuchenden zeichnete, war durch einen Mechanismus nach diesem Prinzip eingerichtet.

Hinter einer kleinen Oeffnung in der Wand, dem Sitze der zu zeichnenden Person gegenüber, war eine camera lucida versteckt. Wenn nun ein Gehülfe einen mit der Hand der Figur in Verbindung stehenden Pantographen längs dem Umriß des Kopfes bewegte, so zeichnete das Automat ein entsprechendes Profil.

Guillochiren auf der Drehbank. — Auch diese zierliche Kunst gehört größtentheils dem Copiren an. Die auf der Spindel befestigten Patronen nöthigen den Schneidestahl auf der aufgespannten Arbeit dasselbe Muster herauszuschneiden und da die Entfernung des Schneidestahls von der Spindelaxe gewöhnlich geringer ist als der Radius der Patrone, so erhält man dadurch eine verkleinerte Copie.

Copiren von Prägestempeln. — Hierzu bedient man sich einer mit einer Drehbank verbundenen Vorrichtung. Man führt eine stumpfe Spitze langsam und mit Spiralbewegung nach und nach über jeden Theil des zu copirenden Stempels. Die Spitze wird vermöge eines Gewichts in alle Vertiefungen eingedrückt. Mit dieser stumpfen Spitze nun steht mittelst einer Maschine eine scharfe Spitze in Verbindung, welche gleichzeitig über ein Stück weichen Stahls hingeht und auf demselben die Zeichnung des Originalstempels entweder in derselben oder in verminderter Größe darauf eingräbt. Je kleiner die Copie im Verhältniß zum Original ausfällt, für desto vortrefflicher pflegt man sie zu halten. Der Stempel von der Größe eines Thalers liefert durch Copirung einen ziemlich guten für ein Viergutegroschenstück. Der Hauptvortheil dieser Copirmethode liegt jedoch in der Vorbereitung aller gröberen Theile; die feineren Linien, welche den Ausdruck vollenden, können dann von einem geschickten Künstler leicht nachgestochen werden.

Ein dem Prinzip nach dem vorigen nicht unähnliches Instrument hat man zur Verfertigung von Schuhleisten vorgeschlagen. In dem einen Theil des Apparats befindet sich ein Modellleisten zum rechten Fuß, und wenn die Maschine in Gang gesetzt wird, so schneidet sie aus zwei

Holzstücken, die an einen andern Theil angeschraubt sind, größere oder kleinere Leisten, je nachdem es verlangt wird und zwar so, daß eine von den beiden Copien einen Leisten für den linken Fuß abgiebt, wiewohl das Modell für den rechten Fuß paßt. Man bringt diese letztere Wirkung ganz einfach dadurch hervor, daß man beide zu schneidende Stücke durch ein Rad trennt und somit die Bewegung umkehrt. Wir zweifeln jedoch, daß diese Maschine in Anwendung gekommen ist.

Schraubenschneiden. — Werden die Schrauben auf der Drehbank angefertigt, indem man an der Spindel eine andere Schraube anbringt, so ist diese Arbeit im Wesentlichen ein Copiren, indessen wird blos die Anzahl der Schraubengänge in einer gegebenen Länge copirt; die Gestalt des Gewindes aber, so wie die Länge und der Durchmesser der zu drehenden Schraube haben durchaus nichts mit der Originalschraube gemein. Auch nach einer andern Methode werden Schrauben auf der Drehbank geschnitten, indem ein Mustergewinde (Patrone), welches durch Räder mit der Spindel in Verbindung steht, den Schneidestahl leitet. Bei diesem Verfahren wird die Anzahl der Windungen in einer gegebenen Länge verschieden sein, wenn die Umdrehungszeit der Spindel nicht die nämliche ist, wie die der Schraube, welche den Schneidestahl führt. Dreht sich die Spindel schneller als der Schneidestahl, so fällt die producirte Schraube feiner aus als das Original, im umgekehrten Falle gröber. Die auf diese Weise dargestellte Schraube mag aber nun feiner oder gröber sein, einen größern oder kleinern Durchmesser, die nämlichen oder eine größere Anzahl von Windungen haben als das Original, immer wird man alle in diesem befindliche Mängel unter veränderten Umständen auf jedes copirte Individuum übertragen.

Die Kunst des Drehens selbst, dürfte vielleicht als eine Art des Copirens angesehen werden. Alle auf einer Spindel ausgeführten Arbeiten, nehmen mehr oder weniger an deren Unregelmäßigkeiten Theil und die vollkommene Centricität, die an jedem Punkte des gedrehten Stücks statt finden muß, kann nur durch eine gleiche Regelmäßigkeit der Spindel und ihrer Docken erreicht werden.

Kupferdruck mit veränderten Dimensionen. — Vor einigen Jahren wurden einige sehr eigenthümliche Producte einer, bis jetzt noch nicht bekannt gemachten Art des Copirens von Paris nach London gebracht. Ein Pariser Uhrmacher, Namens Gonord, hatte eine Methode erfunden, wodurch er im Stande war, von einer und derselben Kupferplatte Abdrücke von verschiedenen Größen, größer oder kleiner als die Originalzeichnung zu nehmen. Ein sehr geübtes Auge konnte in keinem, von den auf diese Weise vergrößerten oder verkleinerten Abdrücken irgend eine Linie entdecken, von der nicht die entsprechende auch in der andern vorkäme. In der Quantität der Druckerschwärze schien ein Unterschied zu bestehen, allein durchaus keiner in den Linien des Stichs und nach dem Ansehen der Abdrücke ließ sich nur eine Vermuthung aufstellen, welche von den verschiedenen Abdrücken der ursprüngliche von der Kupferplatte sei. Das Verfahren bei dieser merkwürdigen Operation ist nicht bekannt geworden, jedoch verdienen zwei, damals darüber aufgestellte Hypothesen erwähnt zu werden. Nach der einen wird angenommen, daß der Künstler ein

Verfahren kannte, die Farbe von den Linien einer Kupferplatte auf die Oberfläche irgend einer Flüssigkeit zu übertragen und von da wieder auf das Papier. Die Copie mußte bei diesem ersten Verfahren genau von denselben Dimensionen ausfallen, wie die des ursprünglichen Stiches; wenn nun aber die Flüssigkeit in einem Gefäß enthalten war, welches die Gestalt eines umgekehrten Kegels hatte und welches mit einer Oeffnung am Boden versehen war, so ließ sie sich mittelst allmähligen Hinzuthuns oder Hinwegnehmens durch die Spitze des Kegels, niedriger oder höher stellen. In diesem Falle würde die mit der Farbe behaftete Oberfläche sich verkleinern oder erweitern und die Copie könnte nach jedem veränderten Zustande aufs Papier übertragen werden. Es läßt sich jedoch nicht läugnen, daß diese hypothetische Erklärung manchem Zweifel ausgesetzt ist; denn obgleich sich für das umgekehrte Verfahren, einen Abdruck von einer flüssigen Oberfläche zu nehmen, etwas Analoges in der Kunst, Papier zu marmoriren, nachweisen läßt, so bleibt noch zu beweisen, wie sich die Farbe vom Kupfer auf die Flüssigkeit übertrage.

Wahrscheinlicher ist eine zweite Hypothese, welche sich auf die elastische Natur einer Verbindung von Leim und Syrup gründet, einer Substanz, welche bereits bei der Uebertragung von Zeichnungen auf feinere irdene Waaren im Gebrauch ist. Nun ließe sich annehmen, daß man auf einer großen, aus dieser Zusammensetzung bestehenden Fläche einen Abdruck von der Kupferplatte nähme, daß diese Fläche sodann nach beiden Richtungen gestreckt und die somit ausgedehnte Farbe auf Papier übertragen werde. Soll dagegen die Copie kleiner sein als das Original, so muß die elastische Substanz gestreckt werden, ehe man den Abdruck von der Kupferplatte nimmt. Beseitigt man darauf die Spannung, so zieht sie sich zusammen und vermindert auf diese Weise die Größe der Zeichnung. Auch ist es möglich, daß eine einzige Uebertragung nicht in allen Fällen ausreicht, da die Dehnbarkeit der Zusammensetzung aus Leim und Syrup zwar bedeutend, aber doch immer beschränkt ist.

Mit Blättern von Gummi elasticum von gleichmäßiger Textur und Stärke ließe sich der Zweck vielleicht besser erreichen. Es könnte auch die Farbe von der Kupferplatte auf die Oberfläche einer Flasche von elastischem Gummi oder Caoutchouc übertragen worden sein; die Flasche würde darauf, indem man Luft hineinpumpte, erweitert und gäbe dem Papier eine vergrößerte Copie ab. Abdrücke auf diese Weise und alle genau von gleicher Größe zu produciren, würde viel Zeit und Mühe kosten, daher ließe sich der Zweck zuverlässiger und kürzer erreichen, wenn man die Operation des Vergrößerns und Verkleinerns der Zeichnung nur einmal vornähme und, statt die Abdrücke von der weichen Substanz zu nehmen, die Zeichnung auf Stein übertrüge; so würde ein bedeutender Theil der Arbeit dem schon bekannten Steindruck anheimfallen.

Wir schließen diese, keineswegs vollständige, Aufzählung der Künste, denen das Copiren zum Grunde liegt, mit einem Beispiel, welches der Leser jedes stereotypirten Buches vor Augen hat, obgleich Wenige vielleicht die zahlreichen Copirungen ahnen, welche Behufs eines solchen gemacht werden müssen.

1) Ein solches Buch besteht aus gedruckten Copien von Stereotypplatten.

2) Diese Stereotypplatten sind gegossene Copien von Gipsformen.

3) Jene Formen sind selbst wieder Copien, indem der Gips im flüssigen Zustande auf die vom Setzer zusammengestellten beweglichen Typen gegossen wurde.

4) Diese beweglichen Typen, die folgsamen Dolmetscher der widerstreitendsten Gedanken, der entgegengesetztesten Theorien, sind selbst wieder Copien, da man sie in kupferne Formen gießt, die Matrizen genannt werden.

5) Der Boden dieser Matrizen enthält die Vertiefung des beabsichtigten Buchstabens oder Zeichens, und ist die Copie einer stählernen Punze, auf welcher sich dieselbe Figur in Relief befindet.

6) Selbst diese stählernen Punzen sind von diesem durchgreifenden Prinzip nicht ganz ausgenommen; denn viele Höhlungen darin, wie z. B. die in der Mitte der Punzen für die Buchstaben a, b, d, e, g u. s. w., werden wieder durch andere Punzen hervorgebracht, welche diese Theile in Relief haben. Somit hätten wir denn in der mechanischen Kunst des Druckens sechs aufeinander folgende Stadien des Copirens nachgewiesen, und wie hier, so trägt das Copiren in jedem andern Fabrikfache zur Gleichmäßigkeit und Wohlfeilheit der Producte bei.

Zweites Capitel.

Von den Haushaltsgrundsätzen des Fabrikenwesens.

Bei der Verfertigung irgend eines Verbrauchsgegenstandes ist es eine Hauptsache, ihn in möglichst vollkommener Form darzustellen; um sich aber selbst den größten und dauerndsten Vortheil zu sichern, muß der Producent, vermöge aller in seiner Macht stehenden Mittel, den neuen Luxus- oder Bedürfnißartikel, welchen er darstellt, den Consumenten so wohlfeil als möglich zu liefern suchen.

Die auf diese Weise erlangte größere Anzahl von Käufern, wird ihn einigermaßen gegen den Eigensinn der Mode schützen und es wird dadurch ein viel größerer Gewinn herbeigeführt werden, obgleich jeder Einzelne weniger zu demselben beiträgt.

Wenn daher der Producent irgend eines Gegenstandes ein Fabrikant werden will, so muß er, außer den mechanischen Grundsätzen, auch alle übrigen berücksichtigen, von denen eine erfolgreiche Ausführung seiner Arbeit abhängt. Er muß sehr sorgfältig das ganze System seiner Fabrik dergestalt einrichten, daß die Productionskosten des Artikels, welchen er dem Publicum verkauft, so gering als möglich sind.

Achtet er nicht sogleich von selbst auf solche scheinbar entfernt liegenden Rücksichten, so wird in jedem sehr cultivirten Lande die Concurrenz ihn sehr bald zwingen, seine Aufmerksamkeit auf den Haushalt der Fabriken zu richten. Bei jeder Preisherabsetzung seiner Waare wird er eine Entschädigung in irgend einer Ersparniß bei der Art und Weise der Darstellung suchen müssen und die Hoffnung, es dahin zu bringen, daß er wohlfeiler als sein Concurrent verkaufen könne, wird seine Erfindungskraft schärfen.

Anfänglich kommen die auf diese Weise erreichten Verbesserungen nur den Erfindern selbst zu gute; hat aber erst eine hinlängliche Erfahrung den Werth derselben erwiesen, so werden sie allgemein angenommen, bis daß sie ihrerseits wieder durch andere verbesserte Methoden verdrängt werden.

Die ökonomischen Grundsätze, welche bei der Anwendung der Maschinen in Betracht kommen und welche das Innere aller großen Fabriken leiten, sind fast eben so wesentlich für das allgemeine Gedeihen derselben, als die mechanischen Prinzipien, deren Wirkungen wir im vorigen Abschnitt erläutert haben.

Theilung der Arbeit.

Einer der wichtigsten Grundsätze, auf denen der Haushalt der Fabriken beruhet, ist die Vertheilung der Arbeit unter das in denselben beschäftigte Personal. Die Anwendung dieses Prinzips ist schon in einem sehr frühen Zustande der menschlichen Gesellschaft gemacht worden; denn es mußte sehr bald einleuchten, daß sich ein Jeder weit mehr Erleichterungen und Bequemlichkeiten würde verschaffen können, wenn sich Einer allein mit der Verfertigung von Bögen, ein Anderer mit dem Haus-, ein Dritter mit dem Schiffbau u. s. w. beschäftigte.

Diese Vertheilung der Arbeit nach Handwerken entsprang jedoch nicht etwa aus der Ansicht, daß der allgemeine Reichthum der Gemeinheit dadurch vermehrt werden würde; sondern nur, weil jeder Einzelne fand, daß es mehr zu seinem Privatvortheil gereichen müsse, wenn er sich, statt mit verschiedenen, nur mit Einem Geschäft befasse.

Es muß jedoch der Zustand der menschlichen Gesellschaft ein sehr gesitteter sein, ehe dieses Prinzip auch in den Werkstätten geltend gemacht werden kann; denn nur in sehr civilisirten Ländern, nur bei Artikeln, bei denen eine große Concurrenz unter den Producenten stattfindet, wird die Theilung der Arbeit in ihrer Vollkommenheit angetroffen.

Ueber die verschiedenen Vortheile dieses Systems haben die Staatswirthschaftslehrer viel geschrieben, scheinen aber nicht in allen Fällen die relative Wichtigkeit des Einflusses desselben hinlänglich zu würdigen.

Nachdem wir nun zuvörderst die, von jenen Autoren angeführten Vortheile kurz auseinander gesetzt haben, wollen wir das von denselben unberücksichtigt Gelassene angeben.

1) Von der zur Erlernung eines Geschäfts erforderlichen Zeit. — Man kann als feststehend annehmen, daß die zur Erlernung irgend einer Arbeit erforderliche Länge der Zeit bedingt ist durch die Schwierigkeit der Herstellung derselben und daß der Lehrling um so mehr Zeit zum Erlernen bedarf, je vielfältiger die Prozesse des zu erlernenden Geschäfts sind. Bei sehr vielen Gewerben sind fünf, auch sieben Jahre als der dazu nöthige Zeitraum angenommen, daß der Lehrling dasselbe hinlänglich verstehe, um durch seine Arbeit während des letzten Theils seiner Lehrzeit den Meister für die während des ersten verursachten Kosten entschädigen zu können. Wenn er aber z. B., statt sämmtliche zur Verfertigung einer Nähnadel erforderlichen Prozesse zu erlernen, sich blos auf einen derselben beschränkt, so wird der keinen Gewinn abwerfende Theil seiner Lehrzeit nur gering und die ganze übrige Zeit dem Meister vortheilbringend sein. Besteht eine Concurrenz unter den Lehrherrn, so verschafft dieselbe dem Lehrling bessere Bedingungen und eine Abkürzung der Lehrzeit. Andrerseits wird die Leichtigkeit, es in einem einzelnen Prozesse zu solcher Fertigkeit zu bringen, daß der Bursche schon früh im Stande ist, sich dadurch zu ernähren, mehr Leute bewegen, ihre Kinder dazu zu erziehen, welcher Umstand denn wieder, da auf diese Weise die Zahl der Arbeiter steigt, eine Verminderung des Arbeitslohns bewirken muß.

Von jedem Lernenden wird eine gewisse Quantität Material entweder, ohne Gewinn zu bringen, verbraucht oder verdorben. Geht er nun zu einem neuen Prozeß vorwärts, so wiederholt sich dasselbe entweder mit dem rohen Material, oder mit dem schon zum Theil bearbeiteten Artikel. Es wird aber der Verlust bei weitem größer sein, wenn jeder alle Prozesse eines Gewerbes, als wenn er nur einen erlernt und aus diesem Grunde trägt demnach die Theilung der Arbeit zur Verminderung des Preises bei.

2) Ein anderer, aus der Theilung der Arbeit hervorgehender Vortheil ist der, daß bei dem Uebergange von einem Geschäft zu einem andern stets Zeit verloren geht.

Wenn Hand oder Kopf eine Zeit lang an eine Art der Arbeit gewöhnt worden ist, so können sie bei einem Wechsel der Arbeit nicht gleich so wirksam sein, wie bisher. Die Muskeln der angestrengten Glieder sind biegsam, die in Ruhe gebliebenen steif geworden, so daß bei jedem Wechsel die Arbeit anfänglich langsam und ungleichmäßig von Statten geht. Durch lange Gewohnheit erlangen die dabei in Bewegung gesetzten Muskeln die Fähigkeit, weit bedeutender angestrengt zu werden, als es unter andern Umständen möglich wäre. Dasselbe findet auch bei einem Wechsel geistiger Arbeit statt, indem die auf den neuen Gegenstand gerichtete Aufmerksamkeit Anfangs nicht so ungetheilt ist, als nachdem man erst mit demselben vertrauter geworden ist.

Eine fernere Ursache des Zeitverlustes bei dem Uebergange von einer Operation zu der andern, ist der Gebrauch anderer Werkzeuge bei jeder andern Beschäftigung. Freilich ist dieser Zeitverlust, wenn diese Werkzeuge einfach und der Uebergänge nicht viele sind, nur unbedeutend; allein für viele Prozesse in den Künsten sind die Werkzeuge sehr fein und verlangen bei jedesmaliger Benutzung die genaueste Anordnung, welche häufig eben so viel Zeit erfordert, wie die Anwendung selbst. Dahin gehören die mechanischen Auflagen beim Drehen, die Theil- und die Bohrmaschinen; daher man es denn in den größeren Fabriken zweckmäßig gefunden hat, eine und dieselbe Maschine stets für eine und dieselbe Art von Arbeit zu benutzen. So z. B. eine Drehbank, die zum Fortschieben der festen Auflage eine Schraubenbewegung längs ihrer Wangen hat, ausschließlich zum Abdrehen von Cylindern; eine andere, deren Bewegung darauf berechnet ist, die Geschwindigkeit des abzudrehenden Gegenstandes an dem Punkte, wo er den Drehstahl berührt, auszugleichen, zur Ebenung von Oberflächen; eine dritte zum Schneiden von Rädern rc.

3) Durch häufige Wiederholung einer und derselben Arbeit darin erlangte Fertigkeit. — Durch beständige Wiederholung eines und desselben Geschäftes muß der Arbeiter nothwendig einen Grad von Geschicklichkeit und Schnelligkeit sich aneignen, welchen der mit vielen verschiedenen Operationen Beschäftigte nie erreichen kann. Noch mehr wird diese Schnelligkeit dadurch gesteigert, daß die meisten Arbeiten in Fabriken, also da wo die Vertheilung der verschiedenen Operationen bis in's Kleinste geht, stückweise bezahlt werden. Die Einwirkung dieser Vertheilung der Arbeit auf die Production in Zahlen auszudrücken, ist schwierig. Beim Nagelschmieden verhält sich nach der Angabe von Adam Smith die Production wie drei zu eins, indem, wie er bemerkt, ein Schmied, der zwar das Nagelmachen versteht, dessen ausschließliches Geschäft es aber nicht ist, täglich nur **800** bis **1000**, ein eigentlicher Nagelschmied aber, der nie ein anderes Handwerk getrieben, täglich über **2300** Stück verfertigen kann.

Die durch die letztgenannte Ursache erzielte Ersparniß bei der Production verhält sich natürlich bei allen Gewerben nicht gleich. Das Beispiel von dem Nagelschmieden ist vielleicht nur ein Extrem. Auch muß bemerkt werden, daß in gewissem Sinne der Vortheil kein dauernder ist; er mag vielleicht Anfangs in den Werkstätten wahrnehmbar sein, allein mit jedem Monat erlangen die Arbeiter größere Fertigkeit, so daß sie nach Verlauf von drei bis vier Jahren vielleicht so weit sind, als die, welche stets nur mit einem Zweige ihres Geschäftes sich abgegeben haben.

4) Die Theilung der Arbeit führt zur Erfindung von Werkzeugen und Maschinen. — Bleibt jeder zur Vollendung eines Artikels erfoderliche Prozeß ausschließliches Geschäft eines einzelnen Individuums, so ist es viel wahrscheinlicher, daß seiner ungetheilten Aufmerksamkeit sich eine Verbesserung seiner Werkzeuge oder eine zweckmäßigere Handhabung derselben darbieten werde, als wenn eine Menge verschiedenartiger Beschäftigungen die Aufmerksamkeit beständig zerstreuet. Eine solche Verbesserung des Handwerkszeugs aber ist gewöhnlich der erste Schritt zu einer Maschine. Soll z. B. ein Stück Metall auf einer Drehbank geschnitten werden, so entsteht nur dann ein völlig reiner Schnitt, wenn der Drehstahl unter einem besonderen Winkel dagegen gehalten wird. Einem verständigen Arbeiter drängt sich natürlich der Gedanke auf, daß es zweckmäßig seyn würde, das Werkzeug unter diesem be-

sonderen Winkel zu befestigen. Die Nothwendigkeit, den Drehstahl langsam und parallel mit sich selbst zu bewegen, führt auf den Gedanken, dazu eine Schraube anzuwenden, und so entsteht die feste Auflage oder das Support. Der gewöhnliche Tischlerhobel ist wahrscheinlich dadurch entstanden, daß einem Arbeiter einfiel, zu seinem Meisel ein Gestell zu machen, damit er nicht zu tief einschneide. Beim Hämmern lehrt die Erfahrung, welches Quantum von Kraftaufwand dabei nöthig sei. Der Uebergang von dem mit der Hand gehaltenen Hammer zu einem auf eine Welle gesetzten und mittelst einer mechanischen Vorrichtung gehobenen, erfordert vielleicht einen höhern Grad von Erfindungskraft, als die vorherigen Beispiele; indessen ist es nicht schwer, die Beobachtung zu machen, daß, wenn der Hammer stets von derselben Höhe herabfällt, seine Wirkung auch immer dieselbe bleiben müsse.

Kann erst jeder Prozeß mit einem einfachen Werkzeuge vollendet werden, so besteht die Maschine in der durch eine und dieselbe Kraft in Bewegung gesetzten Vereinigung aller dieser Werkzeuge. In der Erfindung von Werkzeugen und in der Vereinfachung der Handarbeiten ist der Handwerker oft sehr glücklich; einen höheren Grad von Geistesbildung setzt es aber voraus, diese einzelnen Vervollkommnungen zu einer und derselben Maschine zu vereinigen. Vorher die einzelnen handwerksmäßigen Arbeiten erlernt zu haben, ist freilich sehr gut; allein zur erfolgreichen Zusammensetzung einer Maschine sind genaue Kenntnisse der Mechanik und des Maschinenzeichnens wesentliche Bedingungen. Dergleichen Fähigkeiten sind jetzt allgemeiner und der frühern schlechten Ausbildung der Gewerbtreibenden sind die vielen Mißgriffe bei dem Fabrikwesen größtentheils zuzuschreiben.

Es sind dieß nur die gewöhnlich aufgezählten, aus der Theilung der Arbeit entspringenden Vortheile; allein dabei ist gerade die wichtigste und einflußreichste Einwirkung gänzlich übersehen, und wir wollen daher das bisher Erwähnte in den folgenden Worten von Adam Smith * zusammenfassen:

„Daß in Folge der Eintheilung der Arbeit eine ungemein größere Quantität durch dieselbe Anzahl Menschen producirt werden kann, läßt sich auf drei Ursachen zurückführen: erstlich auf die dadurch vermehrte Fertigkeit der einzelnen Arbeiter; zweitens auf die Ersparniß der Zeit, welche man beim Uebergange von einer Arbeit zur andern in der Regel verliert; endlich auf die Erfindung einer Menge von Maschinen, welche die Arbeit erleichtern und abkürzen und einen einzelnen Arbeiter in den Stand setzen, das Werk von Vielen zu verrichten."

Obgleich diese Ursachen nun allerdings von Wichtigkeit sind und jede das ihrige zu dem Resultate beiträgt, so scheint es uns doch, daß die mittelst der Theilung der Arbeit bewirkte Wohlfeilheit der Waaren noch keineswegs vollständig erklärt ist, so lange man nicht das Folgende in Anschlag bringt:

Daß nachdem das ganze Fabrikationsverfahren in mehre Operationen getheilt ist, deren eine jede verschiedene Grade von Geschicklichkeit und Stärke erfordert, der Fabrikherr sich in den

* Untersuchungen der Natur und Ursachen von Nationalreichthümern, übersetzt durch Garve, 3 Bde. 3. Aufl. Breslau 1810.

Stand gesetzt sieht, von beiden Eigenschaften genau so viel in Anspruch zu nehmen, als jeder Prozeß verlangt. Sollte dagegen ein einziger Arbeiter das Werk vollenden, so müßte er so viel Geschicklichkeit und so viel Kraft besitzen, daß er einerseits dem schwierigsten, und andrerseits dem mühsamsten der verschiedenen Prozesse gewachsen wäre.

Auf ein genaues Verstehen des eben angeführten Prinzips kommt es viel bei der aus der Theilung der Arbeit entstehenden Ersparniß an, und es dürfte daher zweckmäßig sein, deren bestimmte und numerische Wirkung an irgend einer speziellen Fabrikation nachzuweisen. Vielleicht hätte dazu die Nähnadelfabrikation gewählt werden sollen, indem dieselbe eine sehr große Reihe sehr von einander abweichender Prozesse in sich schließt. Indeß verdiente die minder schwierige Stecknadelfabrikation deshalb den Vorzug, weil sich derselben Adam Smith schon als Erläuterung bedient hat und der Umstand, daß wir eine sehr treue Beschreibung dieser Kunst, so wie sie vor mehr als 50 Jahren in Frankreich ausgeübt wurde, besitzen, hat uns zu der Wahl dieses Beispiels noch mehr bestimmt.

In England wird bei der Stecknadelfabrikation folgendes Verfahren angewendet:

1) Der zu den Stecknadeln angewendete Messingdraht wird in Ringen von ungefähr 22 Zoll Durchmesser und 36 Pfund Gewicht angekauft. Diese Ringe werden in kleinere von etwa 6 Zoll Durchmesser und 1 bis 2 Pfund Gewicht abgewunden.

Nun wird der Draht so lange durch Löcher in stählernen Zieheisen gezogen, bis daß er so dünn ist, als man ihn zu den Nadeln haben will. Durch das Ziehen wird der Draht gehärtet und damit er nicht breche, mehre Male, je nach der erfoderlichen Verdünnung, ausgeglüht.

Hierauf bringt man die Drahtgebinde in sehr verdünnte Schwefelsäure, um sie zu reinigen, und schlägt sie sodann auf einen Stein, damit das Oxyd, welches sich etwa hin und wieder angesetzt hat, entfernt werde.

Diese Arbeiten werden in der Regel von Männern verrichtet, welche in einem Tage 30 bis 36 Pfund durchziehen und reinigen und einen täglichen Verdienst von ungefähr $3^1/_2$ Schilling oder $1^1/_6$ Thlr. haben.

Ueber die Ausdehnung des Drahtes in den verschiedenen Löchern der Zieheisen hat Perronet mit einem Stück schwedischen Messingdraht einige Versuche angestellt und folgende Resultate erlangt:

Vor dem Durchziehen war das Stück lang	3 Fuß	6 Zoll.
Nachdem es durch das erste Loch gezogen worden war	5 „	5 „
Nachdem es durch das zweite Loch gezogen worden war	7 „	2 „
Nachdem es durch das dritte Loch gezogen worden war	7 „	8 „
Jetzt wurde der Draht geglüht und die Länge betrug, nachdem er durch das vierte Loch gezogen war	10 „	8 „
durch das fünfte	13 „	1 „
durch das sechste	16 „	8 „
und zuletzt, nachdem er noch durch 6 Löcher gegangen war	144 „	— „

Die Löcher, durch welche der Draht bei diesem Versuch gezogen wurde, hatten nicht regelmäßig abnehmende Durchmesser; denn es hält sehr schwer, dergleichen Löcher darzustellen und ist noch schwieriger, sie in ihren ursprünglichen Dimensionen zu erhalten.

2) Die Drahtringe gehen nun in die Hände einer Frau über, der gewöhnlich noch ein Kind als Gehülfe beigegeben ist. An dem einen Ende einer hölzernen, etwa 20 Fuß langen Tafel (dem Richtholze), sind einige eiserne Stifte in nicht ganz gerader Linie eingeschlagen. Zwischen denselben wird das eine Ende des Drahtringes durchgeflochten und der Draht alsdann an's andere Ende des Tisches gezogen. Der Zweck bei dieser Operation ist, den durch die Gestalt der Ringe stark gebogenen Draht wieder gerade zu machen. Die so gestreckte Länge wird abgeschnitten und mit dem Rest des Ringes der Prozeß von neuem begonnen. Es sind zu diesem Richten des Drahts ungefähr 7 Stifte erfoderlich und sie genau an den richtigen Punkten anzubringen, ist eben nicht leicht. Es scheint, daß zunächst, indem man den Draht zwischen die ersten drei Stifte durchflechtet, ihm eine seiner bisherigen Biegung in den Ringen entgegengesetzte Richtung gegeben werde. Diese wird mittelst des Flechtens zwischen den zwei nächsten Stiften wieder in die erste Richtung, aber mit geringerer Krümmung zurückgeführt und so fort, bis daß die Curve des Drahtes zuletzt fast in eine gerade Linie verwandelt ist.

Nun faßt ein Mann ungefähr 300 von diesen gerade gestreckten Stücken in ein Bündel zusammen, steckt sie in ein hohles Maaß, das sogenannte Schaftmodell, und schneidet sie mittelst einer durch den Fuß in Bewegung gesetzten Scheere (der Schrotscheere) in sogenannte Enden, welche reichlich die Länge von 6 Nadeln haben, und fährt mit dieser Arbeit so lange fort, bis daß das ganze Bündel zerschnitten ist.

Die nächste Arbeit ist das Anspitzen der Enden. Dieß geschieht auf folgende Art: der Arbeiter sitzt vor dem sogenannten Spitzringe, einer scheibenförmigen Feile. Dieser hat gewöhnlich 5 Zoll im Durchmesser und 1½ bis 2½ Zoll in der Breite und macht wenigstens 1000 Umdrehungen in der Minute. Man gebraucht einen Spitzring mit gröberem und einen andern mit feinerem Hieb, letzteren zur Vollendung. Der Arbeiter nimmt 20 bis 40 Drahtenden, breitet sie in einer Fläche zwischen beiden Daumen und Zeigefingern aus, legt sie an den Spitzring und giebt ihnen mittelst der Daumen eine drehende Bewegung um sich selbst, welche dadurch erleichtert wird, daß die Richtung der Drähte einen kleinen Winkel mit der Ebene des Spitzringes macht. Von beiden zugespitzten Enden schneidet man die Nadellängen ab, spitzt die bleibenden Stücke wieder zu und so fort.

Gewöhnlich wird der Arbeiter bei diesem Prozesse von einer Frau und von einem Kinde unterstützt, die täglich 34 bis 36½ Pfund Draht zuspitzen können, so daß ihr Verdienst täglich etwa 6½ bis 7 Schilling (2⅙ bis 2⅓ Thaler) beträgt, wovon der Mann etwa 5½ Schilling (1 Thaler 20 Groschen), die Frau 1 Schilling (8 Groschen), das Kind ½ Schilling (4 Groschen) erhalten.

3) Die nächste Operation ist das Drehen und Schlagen der Köpfe oder Knöpfe. — Ein Knabe nimmt ein Stück Draht von derselben Stärke wie die Nadel, windet ihn über einen 2 bis 3 Fuß langen Draht von der Stärke der Nadelschäfte zu schraubenförmigen Röhrchen, welches mittelst eines einfachen Mechanismus geschieht, wie wir in der ersten Abtheilung des zweiten Theils von dem Werke näher sehen werden, zieht die Röhrchen von den Knopfspindeln ab und zerschneidet sie mit einer Scheere in kurze Stückchen, von denen jedes einen Nadelkopf giebt. Der Arbeiter, der die Spiralen zerschneidet und der Knabe, der sie drehet, können täglich, je nach der Größe, 6 bis 30 Pfund anfertigen und für das Pfund 3 Pence (2 Groschen) verdienen.

4) Es folgt nun das Anköpfen oder die Verbindung des Nadelschaftes mit dem Kopfe, welches mit der sogenannten Nadlerwippe, einem kleinen Fallwerk, geschieht, welches von Frauen oder Kindern regiert und bedient wird. Die Wippe hat einen feststehenden Unter- und einen beweglichen Oberstempel, die beide aus gehärtetem Stahl bestehen. Beide haben ein halbkugeliges Grübchen und der erstere noch eine, bis an den Rand der Stempelfläche reichende Kerbe. Die vor der Wippe sitzende Person nimmt einen Nadelschaft, fährt damit in eine Masse von Köpfen, spießt einen davon auf, hebt den Oberstempel mittelst des an der Wippe befindlichen Trittes 1 bis 2 Zoll hoch auf, legt die Nadel auf den Unterstempel, so daß der Kopf in die halbkugelförmige Vertiefung, der Schaft in die Kerbe zu liegen kommt. Durch wiederholtes Fallenlassen des beschwerten Oberstempels erhält der Kopf mehre Schläge, die runde Gestalt und wird an den Schaft befestigt. Ein geübter Arbeiter köpft täglich 10 bis 15000 Nadeln und verdient ¾ bis 1¼ Schilling (6 bis 10 Groschen).

5) Man siedet nun die bei der Bearbeitung mehr oder weniger angelaufenen und schwarz gewordenen Nadeln in einer Weinsteinauflösung oder in sehr verdünnter Schwefelsäure, wodurch sie blank werden, wäscht sie dann sehr sorgfältig in reinem Wasser und siedet sie dann weiß oder verzinnt sie auf dem nassen Wege, bei welchen Operationen wir uns hier nicht aufhalten wollen, da wir in der ersten Abtheilung des zweiten Theils darauf zurückkommen. Ein Verzinner kann mit einem Gehülfen täglich 9 Schilling oder 3 Thaler verdienen, wovon er diesem ein Drittel abgiebt.

6) Die meisten Nadeln werden reihenweise in Papier gesteckt, eingebrieft. Die nach allen Richtungen in hölzernen Gefäßen liegenden Nadeln werden auf einen Kamm gelegt, so daß beim Schütteln desselben ein Theil wieder in das Gefäß fallen, die andern aber mit ihren Köpfen zwischen den Zähnen des Kammes hängen bleiben. Sind sie so in paralleler Richtung aufgereihet, so wird die erforderliche Zahl zwischen zwei Stücke Eisen gelegt, die in gleichem Abstande 25 kleine Rinnen haben und nach vorherigem Zusammenlegen des Papiers wird dieses gegen die Spitzen der Nadeln gedrückt, bis sie durch die haltenden beiden Falze hindurchkommen. Darauf läßt man die Nadeln vom Griffe des Instruments und wiederholt den Prozeß. Eine Frau verdient täglich durch das Aufstecken 1½ Schilling (12 Groschen), ein Kind 4 Groschen.

Nachdem nun die verschiedenen Operationen der Nadelfabrikation im Allgemeinen beschrieben und ihre durchschnittlichen Kosten angegeben sind, wird es zweckmäßig sein, eine

tabellarische Uebersicht der zu jedem Prozesse erforderlichen Zeit, seiner Kosten, so wie des Verdienstes für die Personen zu geben, welche lediglich einen oder den andern Prozeß ausführen. Da der Arbeitslohn selbst schwankend ist, die Preise und bearbeiteten Quantitäten aber nur zwischen gewissen Grenzen angegeben wurden, so kann man von dieser Tabelle keine ganz genaue Darstellung der Kosten jedes Theils der Arbeit und eben so wenig eine vollständige Uebereinstimmung mit den oben angeführten Löhnen erwarten. Jedoch ist sie mit hinreichender Sorgfalt ausgearbeitet, um den zu erläuternden theoretischen Sätzen zur Basis zu dienen. Dieser Tabelle folgt eine zweite ganz ähnliche, entworfen nach den Angaben Perronet's über die Nadelfabrikation in Frankreich vor etwa 70 Jahren.

Englische Fabrik.

Nadeln „Elfer" (elevens), 5546 aufs Pfund; „Dutzender" (one dozen) = 6932 wiegen 20 Unzen und erfordern 6 Unzen Papier.

Benennung der Operationen.	Arbeiter.	Zeit, um 1 Pfd. Nadeln anzufertigen. Stunden.	Kosten eines Pfundes Nadeln. Pence.	Täglicher Lohn des Arbeiters. Schill.	Pence.	Productionspreis eines jeden Theils einer Nadel in Millionentheilen eines Penny.
1) Drahtziehen .	Mann	0,3636	1,2500	3	3	225
2) Richten u. Anspitzen.	Mann	0,3000	1,7750	5	3	319
	Frau	0,3000	0,2840	1	—	51
	kl. Mädch.	0,3000	0,1420	—	6	26
3) Winden und Schneiden der Köpfe.	Knabe	0,0400	0,0147	—	$4\frac{1}{2}$	3
	Mann	0,0400	0,2103	5	$4\frac{1}{2}$	38
4) Anköpfen . . .	Frau	4,0000	5,0000	1	3	901
5) Verzinnen . .	Mann	0,1071	0,6666	6	—	121
	Frau	0,1071	0,3333	6	—	60
6) Einbriefen . .	Frau	2,1314	3,1973	1	6	576
		7,6892	12,8732			2320

Zahl der verwendeten Arbeiter: 4 Männer, 4 Frauen, 2 Kinder, zusammen 10 Personen.

Französische Fabrik.

Kosten von 12000 Nadeln Nr. 6, von denen jede 0,8 engl. Zoll Länge hat, fabricirt in Frankreich ums Jahr 1760, nebst den Kosten jeder Operation; aus den Bemerkungen und Angaben des Herrn Perronet.

Benennung der Prozesse und Materialien.	Zeit, um 12000 Nadeln anzufertigen. Stunden.	Productionskosten von 12000 Nadeln. Pence.	Gewöhnlicher Tagelohn des Arbeiters. Pence.	Kosten an Werkzeugen und Materialien. Pence.
1) Draht	—	—	—	24,75
2) Richten und Zerschneiden	1,2	0,5	4,5	—
3) Grobes Zuspitzen .	1,2	0,625	10,0	—
3) Raddrehen * . . .	1,2	0,875	7,0	—
Latus	3,6	2,		

Benennung der Prozesse und Materialien.	Zeit, um 12000 Nadeln anzufertigen. Stunden.	Productionskosten von 12000 Nadeln. Pence.	Gewöhnlicher Tagelohn des Arbeiters. Pence.	Kosten an Werkzeugen und Materialien. Pence.
Transp.	3,6	2,		
3) Feines Zuspitzen .	0,8	0,5	9,375	—
3) Raddrehen	1,2	0,5	4,75	—
3) Abschneiden der zugespitzten Enden .	0,6	0,375	7,5	—
4) Spiraldrehen . . .	0,5	0,125	3,	—
4) Kopfabschneiden .	0,8	0,375	5,625	—
4) Brennmaterial, die Köpfe auszuglühen	—	—	—	0,125
5) Anköpfen	12,0	0,333	4,25	—
6) Weinstein zum Reinigen und Weißsieden	—	—	—	0,5
7) Einbriefen	4,	0,5	2,0	—
Papier	—	—	—	1,0
Abnutzung d. Werkzeuge.	—	—	—	2,0
	23,5	2,708		

Aus einer Untersuchung der ersten Tabelle geht hervor, daß der tägliche Lohn der bei der Nadelfabrikation benutzten Arbeiter, von $4^1/_2$ Pence bis zu 6 Schilling variirt, eine Differenz, nach der man die zu den verschiedenen Beschäftigungen erforderliche Geschicklichkeit bestimmen kann. Nun ist es aber augenscheinlich, daß, wenn eine einzige Person das ganze Pfund Nadeln machen sollte, sie geschickt genug seyn müßte, täglich $5^1/_4$ Schilling zu verdienen, wenn sie den Draht spitzt, oder die Köpfe von den Spiralwindungen abschneidet, und 6 Schilling, wenn sie die Nadeln verzinnt. Diese drei Operationen nehmen aber wenig mehr, als den 17. Theil der Zeit des Arbeiters ein. Ferner ist klar, daß der Arbeiter in mehr als der Hälfte seiner Zeit nur $1^1/_4$ Schilling durch Aufsetzen der Köpfe verliert, während er doch geschickt genug ist, in dem nämlichen Zeitraum fast fünfmal so viel zu verdienen.

Aus der über die Nadelfabrikation gegebenen Analyse erhellt, daß etwas mehr als $7^1/_2$ Stunden Zeit für 10 verschiedene, nach einander an demselben Material arbeitende Individuen erforderlich sind, um dieses in ein Pfund Nadeln zu verwandeln, und daß die gesammten Kosten ihrer Arbeit, wobei Jeder nach Verhältniß seiner Geschicklichkeit und der angewandten Zeit bezahlt wird, nahe an 1 Schilling 1 Penny ($8^2/_3$ Groschen) betragen. Benutzte man daher zu allen diesen Prozessen den Mann, welcher die Nadeln verzinnt, vorausgesetzt, daß er auch in eben so kurzer Zeit ein Pfund Nadeln liefern könnte, so müßte man ihm doch für seine Zeit 46,14 Pence oder etwa 3 Schilling 10 Pence (1 Thlr. $6^2/_3$ Groschen) bezahlen. Die Anfertigung der Nadeln würde demnach $3^3/_4$ Mal mehr kosten, als bei der Theilung der Arbeit der Fall ist.

Je bedeutender die, bei irgend einem Zweige der Fabrikation erforderliche Geschicklichkeit des Arbeiters und je kürzer die dazu nöthige Zeit ist, um so vortheilhafter wird

* Die großen Kosten des Raddrehens scheinen daher gekommen zu sein, daß die hierzu benutzte Person die Hälfte der Zeit unbeschäftigt blieb, während der Zuspitzer eine andere Arbeit vornahm.

es sein, diesen Prozeß von den übrigen zu trennen und eine Person ganz allein damit zu beschäftigen. Hätten wir die Nähnadelfabrikation zum erläuternden Beispiel gewählt, so würde die aus der Theilung der Arbeit hervorgehende Ersparniß noch mehr in die Augen fallen; denn das Anlassen der Nähnadeln erfordert große Geschicklichkeit, Aufmerksamkeit und Erfahrung und obgleich 3 bis 4000 Stück zugleich angelassen werden, so wird der Arbeiter dennoch sehr hoch bezahlt. Bei einem andern Zweige der Nadelfabrikation, beim trocknen Zuspitzen, welches ebenfalls mit großer Schnelligkeit ausgeführt wird, beträgt der Tagelohn 7, 11, 15, ja selbst 20 Schilling, während andere Arbeiten von Kindern ausgeführt werden, die man mit etwa 6 Pence (4 Groschen) täglich bezahlt.

Ehe wir nun weitere Bemerkungen über die vorhergehende Analyse machen, wollen wir erst eine von einem Amerikaner erfundene Nadelmaschine kurz beschreiben. Die Vorrichtung ist sehr sinnreich und bietet in Hinsicht auf Ersparniß einen schlagenden und interessanten Gegensatz zur Verfertigung der Nadeln mit der Hand. Ein Ring Messingdraht, auf eine Axe gebracht, wird von einem Walzenpaar durch ein kleines in einer Stahlplatte befindliches Loch getrieben und dort von einer Zange gefaßt. Nun wird die Maschine in Thätigkeit gesetzt:

1) Die Zange zieht den Draht bis zur Länge einer Nadel aus; ein schneidender Stahl steigt dann dicht an dem Loche herab, durch welches der Draht hereintritt und trennt das ausgezogene Stück.

2) Die das getrennte Stück fassende Zange bringt den Draht in die Mitte eines Futters an einer kleinen Drehbank, das sich zu seiner Aufnahme öffnet. Während sich nun die Zange umwendet, um ein zweites Stück Draht zu fassen, bewegt sich der Drehapparat schnell um und spitzt das vorstehende Ende des Drahtes an einer sich demselben nähernden Stahlscheibe.

3) Nach dieser ersten rohen Zuspitzung steht die Drehbank still und eine andere Zange nimmt die rohgespitzte Nadel auf (welche durch die Oeffnung des Futters sogleich losgelassen wird), und bringt sie in ein ähnliches Futter einer zweiten Drehbank, welche die Spitze an einer feiner gehauenen Drehscheibe vollendet.

4) Auch diese Scheibe hält nun still und eine andere Zange bringt die zugespitzte Nadel zwischen ein Paar starke stählerne Backen, welche eine kleine Rinne haben, in welcher die Nadel sehr fest gehalten wird. Ein Theil dieser Rinne, welcher an derjenigen Kante der Stahlbacken endet, wo der Kopf der Nadel gemacht werden soll, ist kegelförmig. Eine kleine runde Stahlpunze wird nun kräftig gegen das Ende des so eingeklammerten Drahtes getrieben und dadurch, so wie theilweise durch Einpressung des Drahtes in eine kegelförmige Höhlung, der Kopf gebildet.

5) Nun bringt wieder eine Zange die Nadel zwischen ein anderes Backenpaar und der Kopf wird durch den Schlag einer zweiten Punze vollendet, deren Spitze ein wenig concav ist. Jede Zange kehrt, sobald sie ihre Last abgegeben, wieder um und so befinden sich immer 5 Stücken Draht gleichzeitig in verschiedenen Stufen zu einer fertigen Stecknadel, die dann auf die gewöhnliche Weise verzinnt und eingebrieft wird.

Diese Maschine liefert in der Minute gegen 60 Nadeln; jeder Prozeß aber gebraucht genau gleich viel Zeit.

Um den Werth einer solchen Maschine im Vergleich zur Handarbeit zu beurtheilen, muß man Folgendes ausmitteln: 1) Die Fehler, denen auf diese Weise verfertigte Nadeln unterworfen sind. 2) Ihre etwaigen Vorzüge gegen die auf gewöhnliche Weise fabricirten. 3) Die ursprünglichen Kosten der Maschine. 4) Die Kosten ihrer Ausbesserung. 5) Die Kosten der Bewegung und Abwartung der Maschine.

Die Maschinennadeln biegen sich leichter, weil der Draht weich sein muß, um den Kopf aus demselben schlagen zu können.

Die Maschinennadeln sind besser als die gewöhnlichen, weil sie die Köpfe nicht verlieren können.

Der Preis der Maschinen wird durch die Anfertigung einer größern Anzahl derselben sehr herabgesetzt werden.

Ueber die Abnutzung der Maschine kann nur die Erfahrung entscheiden; doch ist zu bemerken, daß die stählernen Backen oder Würfel sich leicht abnutzen, wenn der Draht nicht durch Glühen weich gemacht worden ist und daß dagegen im letztern Falle die Nadeln sich zu leicht biegen. Diesem Nachtheile kann man indessen begegnen, entweder indem man die Maschine die Köpfe spinnen und ansetzen läßt, oder nur das Kopfende des Drahtes glüht, was jedoch eine Unterbrechung in den Operationen bewirken würde, weil das Messing, wenn es erhitzt, zu zerbrechlich ist, um einen Schlag auszuhalten, ohne zu zerbröckeln.

Vergleicht man die Zeit, welche die Maschine bedarf, mit der in der Tabelle angegebenen, so findet man, daß die menschliche Hand, mit Ausnahme beim Ankköpfen, immer schneller ist. Die Maschine spitzt in einer Stunde 3600 Nadeln, während ein Mann in derselben Zeit 15600 spitzen kann. Dagegen verrichtet die Maschine den Prozeß des Anköpfens 2½ Mal schneller, als der Arbeiter. Jedoch muß bemerkt werden, daß das Schleifen auf der Maschine nicht den Aufwand der Kraft eines Mannes erfordert; denn die Maschine verrichtet sämmtliche Prozesse gleichzeitig und ein einziger Arbeiter reicht zu ihrer Abwartung hin.

Wir haben bereits weiter oben erwähnt, daß die Theilung der Arbeit, so parador dieß auch einigen unserer Leser erscheinen möchte, sich mit gleichem Erfolge und gleicher Zeitersparniß auf geistige Operationen anwenden lasse. Eine kurze Angabe von der praktischen Anwendung dieses Mittels auf die umfassendsten Reihen von Berechnungen, die jemals ausgeführt worden, wird die Thatsache auf eine interessante Weise erläutern und zugleich zeigen, daß die zur Regulirung des innern Haushalts einer Fabrik nöthigen Anordnungen auf tiefer wurzelnden Grundsätzen beruhen, als man geglaubt haben mag, und daß sie dazu dienen könnten, den höchsten Forschungen des menschlichen Geistes den Weg zu bahnen.

Mitten in der Aufregung, welche die französische Revolution und die ihr folgenden Kriege hervorbrachten, war der Ehrgeiz der Nation, durch die verhängnißvolle Leidenschaft für kriegerische Entwürfe noch nicht erschöpft, auch auf edlere und dauerndere Triumphe gerichtet, welche die Aera der Größe eines Volkes bezeichnen und den Beifall der Nachwelt auch dann noch empfangen, wenn Eroberun-

gen ihnen längst wieder entrissen sind, ja wenn selbst die Existenz eines solchen Volks nur noch in den Büchern der Geschichte anzutreffen ist.

Unter andern wissenschaftlichen Unternehmungen verlangte die französische Regierung auch die Ausarbeitung einer Reihe mathematischer Tafeln zur leichtern Anwendung des kurz zuvor angenommenen Decimalsystems. Sie veranlaßte deßhalb die Mathematiker Frankreichs, „das größte und imposanteste Denkmal des Calcüls, was jemals ausgeführt, oder nur erdacht worden," aufzustellen.

Die ausgezeichnetsten Mathematiker Frankreichs erfanden, den Anforderungen ihrer Regierung vollkommen entsprechend, für diese mühsame Aufgabe neue Methoden, und es entstand in einem bemerkenswerth kurzen Zeitraume ein sehr ausgezeichnetes Werk.

Hr. v. Prony, dem die Oberaufsicht über dieß große Unternehmen übertragen worden war, bemerkt darüber Folgendes: „Ich gab mich demselben mit allem Eifer, dessen ich fähig war, hin, und beschäftigte mich zuerst mit dem allgemeinen Entwurfe zur Ausführung der Arbeit. Die zu erfüllenden Bedingungen erforderten die Benutzung einer großen Anzahl von Rechnern und darum kam ich bald darauf, mich bei Aufstellung der Tabellen der Theilung der Arbeit zu bedienen, von der die Gewerbe einen so ausnehmenden Vortheil ziehen, indem sie Vollkommenheit der Handarbeit mit Zeit- und Kostenersparniß verbinden."

Die frühern Methoden bei Berechnung von Tafeln waren bei dieser Prozedur fast gänzlich unbrauchbar. Hr. v. Prony wünschte daher, sich alle Talente seines Vaterlandes zu Nutze zu machen, und bildete demnach die erste Section Derer, welche an dem Unternehmen Theil nehmen sollten, aus fünf bis sechs der ausgezeichnetsten Mathematiker Frankreichs.

Erste Section. — Dieselbe hatte zur Aufgabe, unter den verschiedenen analytischen Ausdrücken für eine und dieselbe Function denjenigen aufzusuchen, welcher durch verschiedene zu gleicher Zeit angestellte Individuen am schnellsten auf einfache numerische Rechnung übertragen werden konnte. Diese Section hatte wenig oder gar nichts mit der wirklichen Zahlenarbeit zu thun. Sobald ihre Arbeiten vollendet waren, wurden die Formeln, für deren Gebrauch sie sich entschieden hatte, der

Zweiten Section übergeben. Dieselbe bestand aus sieben bis acht tüchtigen Mathematikern, deren Arbeit es war, die von der ersten Section ihnen übergebenen Formeln in Zahlen zu setzen; eine sehr mühsame Operation, nach deren Beendigung diese Formeln der dritten Section übergeben wurden, von der die zweite die beendigten Rechnungen wieder erhielt. Die Mitglieder dieser zweiten Section hatten gewisse Mittel zur Verifizirung der Rechnungen, ohne daß es nöthig war, die ganze Arbeit der dritten Section nochmals zu wiederholen, oder auch nur zu untersuchen.

Dritte Section. — Die Mitglieder derselben, an Zahl zwischen 60 und 80, erhielten von der zweiten Section gewisse Zahlen und brachten derselben die durch bloße Additionen und Subtractionen beendigten Tabellen zurück. Bemerkenswerth ist es, daß neun Zehntel dieser Klasse nur diese beiden Rechnungsarten kannten, zu deren Anwendung

sie angestellt waren, und daß man gewöhnlich die Berechnungen dieser Leute genauer fand, als die derjenigen, welche ausgebreitetere Kenntnisse in der Arithmetik besaßen.

Man kann sich einen Begriff von dem Umfange der Arbeit machen, wenn man bemerkt, daß die Tabellen 17 große Foliobände umfassen.

Die erste Klasse hatte bei den Arbeiten der dritten, welche man völlig mechanisch nennen kann, da sie die geringsten Kenntnisse und fast die größte Arbeit erforderten, durchaus nichts zu thun. Dergleichen Arbeiten kann man stets wohlfeil erkaufen. Die Arbeiten der zweiten Klasse, welche eine bedeutende Geschicklichkeit in arithmetischen Operationen erforderten, wurden einigermaßen durch das natürliche Interesse erleichtert, welches schwierige Operationen stets erregen.

Die Arbeiten der ersten Klasse werden bei einer künftigen Gelegenheit nicht so viel Geschicklichkeit und Mühe erfordern, als zu einer Zeit, wo der erste Versuch gemacht wurde, eine solche Methode einzuführen. Wenn jedoch durch die Vervollkommnung der Rechnenmaschine ein Substitut für die dritte Section gefunden sein wird, so dürfte sich die Aufmerksamkeit der Analytiker auf eine neue Erörterung der Methode richten, wodurch analytische Formeln in Zahlen verwandelt werden, welches natürlich auf die Vereinfachung des Gebrauchs der Maschine einen bedeutenden Einfluß ausüben muß.

Das Verfahren des Hrn. v. Prony bei diesem berühmten Rechnungssysteme gleicht ganz außerordentlich demjenigen eines geschickten Mannes bei Erbauung einer Baumwollen- oder Seidenspinnerei, oder irgend einer ähnlichen Anstalt. Wenn dieser nämlich mit eigener Erfindungskraft oder mit Freundeshülfe gefunden hat, daß eine verbesserte Maschinerie mit Erfolg für seinen Zweck benutzt werden kann, so entwirft er Zeichnungen und vertritt so die Stelle der ersten Section. Sodann bilden Maschinenbauer, welche die entworfene Maschinerie ausbilden und die Beschaffenheit der damit zu bewirkenden Prozesse zu erkennen vermögen, die zweite Section. Ist nun eine hinreichende Anzahl von Maschinen erbaut, so werden eine gewisse Menge anderer weniger geschickter Personen gebraucht, sie in Thätigkeit zu setzen. Sie bilden die dritte Section, über deren Arbeiten aber, wie über den richtigen Gang der Maschinen, von der zweiten die Aufsicht geführt wird.

Um die Möglichkeit, arithmetische Prozesse durch Rechnenmaschinen auszuführen, auch Nichtmathematikern, welche dieselbe als eine übertriebene Forderung ansehen möchten, deutlich zu machen, wollen wir mit wenigen Worten eine Uebersicht dieses, in das Gebiet der Theilung der Arbeit gehörenden Gegenstandes geben, und einen kleinen Theil des Schleiers lüften, der dieses scheinbare Mysterium verhüllt.

Das allgemeine Prinzip: daß fast alle Reihen von Zahlen, welche ein, noch so verwickeltes, Gesetz befolgen, in geringerer oder größerer Ausdehnung ganz allein durch eine eigenthümliche Anordnung aufeinander folgender Additionen und Subtractionen der Zahlen, die jeder Tabelle zukommen, gebildet werden können, kann nur Mathematikern bewiesen werden; dagegen wird auch dem Nichtmathematiker die Möglichkeit desselben aus folgendem Beispiel einleuchten.

Betrachten wir die folgende Tafel:

Stellenzahlen.	Tafel.	1. Differenz.	2. Differenz.
1	1	3	
2	4	5	2
3	9	7	2
4	16	9	2
5	25	11	2
6	36	13	2
7	49		

Sie bildet die Grundlage einer sehr allgemein gebräuchlichen Tafel, die in vielen Ländern wiederholt gedruckt und abgedruckt worden, und heißt **Tafel der Quadratzahlen**. Man erhält jede Zahl der Tafel, indem man die zugehörige Stellenzahl, welche ihren Abstand vom Anfange der Tafel bezeichnet, mit sich selbst multiplicirt; so ist z. B. 25 das fünfte Glied von oben und 5 mal 5 ist 25. Zieht man nun jedes dieser Glieder von dem nächstfolgenden ab, so erhält man die Reihe der ersten Differenzen. Wenn man ferner jedes Glied dieser ersten Differenzreihe von dem nächstfolgenden abzieht, so ergiebt sich die constante Differenz 2, und wer sich die Mühe giebt, die Tafel einige Glieder weiter zu führen, wird sehen, daß sich dieselbe Zahl in dieser Colonne, welche wir die zweite Differenz nennen, immer wiederholt. Dieß als feststehend vorausgesetzt, ist es klar, daß, wenn das erste Glied (1) der Tafel, das erste Glied (3) der ersten Differenz und das erste Glied (2) der zweiten oder constanten Differenz ursprünglich gegeben ist, man die Tafel der Quadratzahlen durch einfache

Addition immer weiter fortführen kann; denn die Reihe der ersten Differenz wird durch wiederholte Addition der constanten Differenz (2) zu der ersten Zahl (3) gebildet, woraus nothwendig die Reihe der ungeraden Zahlen 3, 5, 7 rc. hervorgeht, und indem man nun diese wieder nach einander zu der ersten Zahl (1) der Tafel addirt, erhält man die Quadrate.

Nachdem auf diese Weise einiges Licht auf den theoretischen Theil geworfen worden ist, wollen wir nun zu zeigen versuchen, daß die mechanische Ausführung einer Maschine, welche die Reihen von Zahlen produciren soll, nicht so weit, als man glauben könnte, von einer gewöhnlichen Maschinerie entfernt ist. Man denke sich, daß drei Uhren neben einander auf einem Tische stehen, von denen jede nur einen Zeiger hat und deren Zifferblätter, statt in 12 Stunden, in tausend Theile eingetheilt sind, und jedesmal, wenn an einer Schnur gezogen wird, schlagen dieselben auf einer Glocke die Zahl der Theile an, auf welche ihr Zeiger hinweist. Man stelle sich ferner vor, daß zwei dieser Uhren, zum Unterschiede B und C genannt, einen Mechanismus haben, durch welchen die Uhr C den Zeiger der Uhr B bei jedem Schlage der Glocke von C um einen Theil vorrücke, und daß B bei jedem Schlage seiner Glocke durch eine ähnliche Vorrichtung den Zeiger von A um einen Theil vorrücke. Es ist nun der Zeiger der Uhr A auf Theil II, der von B auf III und der von C auf I gesetzt und man denke sich, daß die Repitirwerke der Uhren stets in folgender Ordnung in Bewegung gesetzt werden: nämlich der Zug von C, der Zug B, der Zug A.

	Die Uhr C steht auf I.	Erste Differenz. Uhr B steht auf III.	Zweite Differenz. Uhr A steht auf II.
Zug von C . . Zug von B . . Zug von A . .	. Schlägt eins. Der Zeiger ist um 3 Theile vorgerückt und die Glocke schlägt 4	. Schlägt drei. Der Zeiger ist um 2 Theile vorgerückt und die Glocke schlägt 5	Schlägt zwei.
Zug von C . . Zug von B . . Zug von A . .	. Schlägt vier. Der Zeiger ist um 5 Theile vorgerückt und die Glocke schlägt 9	. Schlägt fünf. Der Zeiger ist um 2 Theile vorgerückt und die Glocke schlägt 7	Schlägt zwei.
Zug von C . . Zug von B . . Zug von A . .	. Schlägt neun. Der Zeiger ist um 7 Theile vorgerückt und die Glocke schlägt 16	. Schlägt sieben. Der Zeiger ist um 2 Theile vorgerückt und die Glocke schlägt 9	Schlägt zwei.
Zug von C . . Zug von B . . Zug von A . .	. Schlägt sechszehn. Der Zeiger ist um 9 Theile vorgerückt und die Glocke schlägt 25	. Schlägt neun. Der Zeiger ist um 2 Theile vorgerückt und die Glocke schlägt 11	Schlägt zwei.
Zug von C . . Zug von B . . Zug von A . .	. Schlägt fünfundzwanzig. Der Zeiger ist um 11 Theile vorgerückt und die Glocke schlägt 36	. Schlägt eilf. Der Zeiger ist um 2 Theile vorgerückt und die Glocke schlägt 13	Schlägt zwei.
Zug von C . . Zug von B . . Zug von A . .	. Schlägt sechsunddreißig. Der Zeiger ist um 13 Theile vorgerückt und die Glocke schlägt 49	. Schlägt dreizehn.	
u. s. w.	u. s. w.	u. s. w.	u. s. w.

Werden nun diese angeschlagenen oder durch die Uhr C angezeigten Abtheilungen angemerkt und niedergeschrieben, so wird man finden, daß sie die Reihen der Quadrate der natürlichen Zahlen angeben. Eine solche Reihe könnte durch diesen Mechanismus natürlich nur bis auf Zahlen, die sich durch drei Ziffern ausdrücken lassen, fortgeführt werden; jedoch mag dieß hinreichen, um eine Idee von der Construction zu geben, nach der auch wirklich die ersten Modelle der, nun von dem Verfasser dieses einleitenden Theils von dem Werke, Prof. Babbage, in vollkommnerer Gestalt dargestellten Rechnenmaschine ausgeführt wurden.

Wir haben demnach gesehen, daß die Theilung der Arbeit bei mechanischen wie bei geistigen Arbeiten darin besteht, daß man nur genau so viel Geschicklichkeit und Kenntniß zu erkaufen und anzuwenden braucht, als zu jedem Prozesse nöthig ist. Wenn ein Mann durch seine Fertigkeit im Anlassen der Nähnadeln 8 bis 10 Schilling täglich verdienen kann, so vermeidet man es durch Theilung der Arbeit, irgend einen Theil seiner Zeit zum Drehen eines Rades zu benutzen, was für einen halben Schilling täglich gethan werden kann. Ebenso vermeidet man den Verlust, der aus der Benutzung eines tüchtigen Mathematikers zur Ausführug der gewöhnlichsten Rechnungsoperationen entstehen würde.

Die Ausdehnung, bis zu welcher die Theilung der Arbeit getrieben werden kann, scheint nicht unbegränzt zu sein. Wir haben bereits im ersten Kapitel einen Fall angeführt, daß bei der Anfertigung der Schnürbandspitzen durch Vereinigung zweier Prozesse zu einer Operation Zeit erspart werde. Die Theilung der Arbeit kann nicht eher mit Erfolg angewendet werden, bis daß eine große Nachfrage nach den Producten vorhanden ist; auch erfordert sie die Anlage eines großen Capitals in den Gewerben, in denen sie angewendet wird.

Von der Grösse der Fabriken.

Bei der weiter oben mitgetheilten Analyse * von der Stecknadelfabrikation ergab sich, daß bei derselben 10 Individuen angewendet werden, und angenommen, daß diese Einrichtung so sei, daß jeder der dort beschriebenen Prozesse gleiche Zeit erfordere, ist es einleuchtend, daß, um die Nadelfabrikation einträglich zu machen, die Zahl der angestellten Arbeiter ein Multiplum von 10 sein muß. Denn wenn Jemand nur so viel Kapital hat, um die Hälfte dieser Anzahl anstellen zu können, so kann jeder Einzelne von dem Arbeiterpersonal nicht stets bei einer und derselben Arbeit bleiben, und es wird bei jeder Anzahl, die unter dem Multiplum von 10 ist, ein ähnliches Ergebniß in Bezug auf einen oder den andern Prozeß eintreten.

Dasselbe gilt von allen Fabriken, die auf das Prinzip der Theilung der Arbeit gegründet sind, und es führt

* Wir müssen jedoch bemerken, daß die erwähnte Analyse nur eine annähernde ist und daß es wenig Fabriken giebt, in denen jeder Arbeiter zu allen Zeiten vollkommen beschäftigt ist, obgleich diesen Zweck alle zu erreichen suchen. Wir haben ein einzelnes Beispiel gegeben, weil dieß am ersten geignet ist, die Aufmerksamkeit auf sich zu ziehen; wünschen aber, daß unsere Leser sich dem Ganzen zuwenden mögen.

dieß zu dem allgemeinen Schlusse: Wenn (je nach der besondern Beschaffenheit der Production einer Fabrik) die Zahl der Prozesse, worin man dieselbe am vortheilhaftesten abtheilen kann, und die Zahl der anzustellenden Individuen festgesetzt ist, so werden alle Fabriken, die nicht ein directes Multiplum der letztern Zahl beschäftigen, den Artikel mit größeren Kosten produciren.

Dieß ist eine von den Ursachen des großen Umfanges der Fabriken, welche mit dem Fortschreiten der Civilisation immer mehr zugenommen haben.

Doch tragen auch andere Umstände zu dem nämlichen Zwecke bei, indem sie auch aus der nämlichen Ursache entspringen. Das Material, aus welchem der fabricirte Gegenstand dargestellt worden ist, muß während der verschiedenen Stadien seiner Fabrikation von einem zu dem andern Arbeiter gebracht werden, welches stets mit den wenigsten Kosten verbunden ist, wenn sie in derselben Anstalt arbeiten. Hat das Material ein großes Gewicht, so gebietet es die Nothwendigkeit, daß alle Prozesse in demselben Gebäude vor sich gehen; aber auch bei leichtern Gegenständen ist dieß wünschenswerth, da aus dem häufigen Umhertragen Gefahr entstehen kann. Es ist dieß z. B. beim Schneiden und Poliren des Glases der Fall, wogegen bei der Verfertigung der Nadeln einige Prozesse in der Wohnung des Arbeiters ausgeführt werden können. Eine solche Fabrikationsmethode, welche für die Familie des Arbeiters einige Vortheile hat, kann jedoch nur dann ausgeführt werden, wenn sich schnell und zuverlässig ermitteln läßt, ob die Arbeit gut und alles gelieferte Material angewendet worden sei.

Je mehr Absatz ein Artikel findet, um so größer ist die Anregung, ihn mit Maschinen zu produciren, und die Einführung derselben bewirkt andrerseits eine Vermehrung des Productionsquantums und hat die Errichtung großer Fabriken zur Folge.

Eine Erläuterung dieser Prinzipien findet sich in der Geschichte der Fabrikation des Bobbinnet. Die ersten Maschinen zum Weben dieses Artikels waren sehr theuer, indem sie 1000 bis 1300 Pfund Sterling kosteten. Der Besitzer einer solchen Maschine konnte bei achtstündiger Tagearbeit und unerachtet, daß das Productionsquantum weit größer war, mit der alten Methode noch nicht concurriren, weil er ein zu großes Kapital in die Maschine stecken mußte. Jedoch sah er bald ein, daß er mit denselben Anlagen und mit einem geringen Zuschuß zu dem Betriebskapitale mit der Maschine die vollen 24 Stunden hindurch arbeiten könne.

Die auf diese Weise erlangten Vortheile veranlaßten Einige, ihre Aufmerksamkeit auf Verbesserung der Maschinen zu richten, wodurch der Preis des Fabrikats bedeutend herabging, während zu gleicher Zeit die Schnelligkeit der Production bedeutend zunahm. Sollen aber Maschinen fortwährend arbeiten, so ist es nöthig, eine Person anzustellen, um die sich ablösenden Arbeiter zuzulassen, es mögen dieselben nun aus wenigen oder aus zwanzig Individuen bestehen. Auch wird es bisweilen nöthig, sein die Maschine wieder in Ordnung zu bringen oder auszubessern,

welches ein Maschinenbauer besser, als der die Maschine bedienende Arbeiter, verrichten kann. Da nun der richtige Gang und die Dauer einer Maschine größtentheils von der Verbesserung jedes Fehlers und jeder Unvollkommenheit, sobald sie nur bemerkt werden, abhängen, wird die schnelle Aufmerksamkeit eines zur Stelle seienden Maschinenmeisters die aus der Abnutzung der Maschine entstehenden Kosten sehr vermindern. Eine einzelne Bobbinnetmaschine würde aber eine solche Ausgabe nicht decken und hierin liegt ein anderer Grund zur Erweiterung einer Fabrik, indem sie aus einer hinreichenden Anzahl von Maschinen bestehen muß, um einen Arbeiter, der diese in Ordnung erhält, vollkommen zu beschäftigen. In Folge dieses ökonomischen Prinzips muß also die Anzahl der Maschinen stets im Verhältniß der sie beaufsichtigenden Maschinisten stehen.

Besteht ein Theil der Beschäftigung des Arbeiters in der Ausübung physischer Kraft, wie bei der Weberei und bei vielen ähnlichen Gewerben, so muß der Fabrikant bald auf die Idee gerathen, daß, wenn der Webestuhl oder die Bobbinnetmaschine durch eine Dampfmaschine getrieben würden, ein Mann zwei, drei oder noch mehr Stühle zu gleicher Zeit abwarten könne, und da wir ferner angenommen haben, daß ein oder mehre Maschinisten angestellt worden, so muß die Zahl der Stühle so eingerichtet werden, daß die Zeit dieser Arbeiter durch Beaufsichtigung jener und der Dampfmaschine vollständig ausgefüllt wird. Eine der ersten Wirkungen wird die sein, daß die Stühle durch die Maschine fast zweimal so schnell als vorher in Bewegung gesetzt werden, und da jeder Arbeiter, wenn er der körperlichen Anstrengung enthoben, zwei Stühle zu versehen im Stande ist, so kann nun Einer so viel weben als früher Vier. Diese Zunahme der producirenden Kraft ist jedoch größer als das, welches wirklich zuerst eintrat, weil die Schnelligkeit einiger Theile des Webestuhls durch die Spannung des Fadens und die Lebhaftigkeit, mit welcher die Bewegung beginnt, beschränkt war. Diesem wurde bald dadurch abgeholfen, daß man die Bewegung langsam anfangen und stufenweis steigen ließ, so z. B. von **100** bis zu **120** Stößen in der Minute. In Folge dieser nämlichen Grundsätze wird die Fabrik nach und nach so erweitert, daß die Beleuchtungskosten bei Nacht zu einer beträchtlichen Summe steigen, und da einige von den Fabrikarbeitern die ganze Nacht wachen und daher gehörig darauf achten können, auch Maschinisten zur Anfertigung und Ausbesserung von Maschinen da sind, so führt die Einrichtung eines Gaserleuchtungsapparats zu neuer Ausdehnung und trägt zugleich durch Verminderung der Erleuchtungskosten und der Feuersgefahr zur Verminderung der Productionskosten bei.

Schon lange vorher, ehe eine Fabrik diese Ausdehnung erlangt hat, wird man die Errichtung eines Comptoirs nöthig befunden und auch Commis zum Lohnen, so wie zur Beaufsichtigung der Arbeiter, besonders in den zu dem Antritt ihrer Arbeitszeit bestimmten Stunden, angestellt haben. In unmittelbarer Verbindung mit dem Comptoir müssen Agenten stehen, welche das rohe Material herbeischaffen und für den Absatz der Fabrikate sorgen.

Es würde sehr wichtig sein, in jeder großen Fabrik eine solche Bezahlungsmethode einzuführen, daß jeder einzelne Arbeiter an den Vortheilen des Ganzen Theil nehmen könnte und daß der Gewinn des Individuums mit dem Gewinn der Fabrik stiege, ohne daß es erforderlich wäre, irgend eine Veränderung in den einmal accordirten Löhnen zu machen. Es ist eine solche Einrichtung durchaus nicht leicht zu machen, zumal bei derjenigen Arbeiterklasse, deren Tagewerk ihr das tägliche Brod verschafft. Das bei dem Betriebe der Cornwalliser Bergwerke befolgte Verfahren genügt zwar nicht vollständig diesen Bedingungen, doch besitzt es Vortheile, welche der Beachtung werth sind, da sie dem obigen Prinzip sehr nahe kommen und dahin abzwecken, die Fähigkeiten aller Arbeiter in vollem Maaß wirksam zu machen.

Ueber fast alle Arbeiten, sowohl unter als über Tage, macht man Contracte oder Gedinge. Die Art und Weise, wie dieselben gemacht werden, ist ohngefähr folgende: Am Ende von jeden zwei Monaten werden die Arbeiten, deren Ausführung für den nächsten Zeitraum beschlossen sind, genau bezeichnet. Die Gedinge sind dreifacher Art: 1) M a a ß g e d i n g e (**Jutwork** engl.) für das Absinken von Schächten, Treiben von Stollen und Strecken ıc. Dieß wird nach Fathoms oder Klaftern (à **6** Fuß) in die Tiefe, oder in die Länge, oder nach Kubikklaftern bezahlt. 2) E r z g e d i n g e (**Tribute**), d. h. Bezahlung für Gewinnung und Förderung der Erze, vermittelst eines bestimmten Theils seines Werthes, nachdem es als verkäufliche Waare, d. h. als von den Schmelzhütten zu gebrauchen, hergestellt ist. Diese Art der Bezahlung ist es, welche so bewunderungswürdige Resultate giebt. Wenn die Bergleute nach Maaßgabe des Reichthums der Lagerstätte und nach der Menge des auf derselben gewonnenen Metalles bezahlt werden, so schärft sich natürlich ihr Blick für die Entdeckung des Erzes und die Schätzung seines Werthes, und ihr Interesse erfordert, daß sie sich jeder Verbesserung bemeistern, welche das Erz wohlfeiler auf den Markt bringen kann. 3) A u f b e r e i t u n g. Die Erzgedinghalter, welche das Erz gewinnen und aufbereiten, sind selten im Stande, die gröbern Theile des Gewonnenen zu dem vertragsmäßigen Preise aufzubereiten, weshalb sie es andern Arbeitern überlassen.

Nachdem es mehre Tage zuvor bekannt gemacht worden ist, daß diese oder jene Erzmasse, oder diese oder jene Gesteinsarbeit in Verding gegeben werden soll, wird von dem ersten Grubenbeamten eine Art von Versteigerung gehalten, bei welcher verschiedene Arbeitertruppen, nachdem sie vorher schon die zu verdingenden Arbeiten angesehen haben, darauf bieten. Das Gedinge wird dann dem überlassen, der das niedrigste Gebot gethan und dieser lohnt es selten zu dem gestellten Satze ab.

Das Erzgedinge ist eine gewisse Summe auf je zwanzig Schilling Werth des gewonnenen Erzes und kann von **¼** bis zu **14** oder **15** Schilling differiren. Die Größe des Verdienstes beim Erzgedinge ist sehr unbestimmt; wird ein Gang, der beim ersten Anhieb arm war, reich, so verdienen die Arbeiter sehr rasch Geld und es gab Fälle, in denen jeder Bergmann einer zusammenarbeitenden Cameradschaft in den zwei Monaten **400** Pf. Sterl. verdiente. Diese außerordentlichen Fälle gewähren den Grubenbesitzern vielleicht größere Vortheile, als selbst den Arbeitern; denn indem deren Geschicklichkeit und Betriebsamkeit stark ange-

feuert werden, zieht der Eigenthümer stets größern Gewinn von dem reichern Ertrage des Ganges.*

Von den Wirkungen grosser, bei dem Fabrikwesen angewendeten Kapitalien.

Wir haben gesehen, daß die Theilung der Arbeit eine wohlfeilere Production herbeiführt, daß die Producte auf diese Weise die Nachfrage vermehren und nach und nach Concurrenz, oder die Hoffnung wachsenden Gewinnes, Veranlassung wird, große Kapitalien in ausgedehnten Fabriken anzulegen. Betrachten wir nun den Einfluß dieser Vermehrung des Kapitals in einer einzelnen Beziehung. Erstens wird es dadurch möglich, das wichtigste Prinzip, worauf die Vorzüge der Theilung der Arbeit beruhen, bis zur äußersten Grenze zu verfolgen; denn es kann nun nicht allein für die Ausführung jedes Prozesses, sondern auch für jedes Stadium, vom rohen Material bis zur vollendeten Arbeit, die in die Hände der Consumenten übergeht, der genaue Betrag der erforderlichen Geschicklichkeit erkauft werden. Die Menge der, durch eine gegebene Anzahl von Arbeitern producirten Waare, vergrößert sich bedeutend durch Ausdehnung dieses Prinzips und hieraus entspringt natürlich ein, im entsprechenden Verhältniß verminderter Preis des Fabrikats.

In mehren großen Fabriken werden Substanzen angewendet, welche die Producte entfernter Gegenden und die in einigen wenigen Beispielen nur gewissen Orten eigenthümlich sind. Die Auffindung jedes neuen, reichlichen Vorkommens ist eine sehr wichtige Sache für jede Fabrik, welche eine ausgedehnte Anwendung davon macht, und man hat Beispiele, daß die Kosten, welche es verursachte, Leute in entfernte Gegenden in der Absicht zu senden, sich von dem Vorkommen zu überzeugen und solche Producte zu sammeln, sehr reichlich ersetzt worden ist. So sind denn die mit Eis und Schnee bedeckten Gebirge Norwegens und Schwedens, so gut als die wärmern Berge der Insel Corsika, durch Leute, die von einer der größten englischen Kattundruckereien dahin gesandt worden sind, fast gänzlich eines ihrer vegetabilischen Producte beraubt worden.

Unter den Ursachen, welche auf die wohlfeilere Erzeugung eines Artikels hinwirken und die mit der Anlage größerer Kapitale verbunden sind, ist ferner die anzuführen, daß dadurch auch die Benutzung des geringsten Theils von dem rohen Material möglich wird. Die Berücksichtigung dieses Umstandes veranlaßt zuweilen die Vereinigung zweier Gewerbe in einer Fabrik, obgleich sie sonst wohl getrennt geblieben wären. Die Menge von Arbeiten, zu denen man das Horn verwendet, bietet ein schlagendes Beispiel dieser Art von Fabrikenhaushalt dar. Der Gerber, welcher die rohen Häute gekauft hat, lößt die Hörner ab und verkauft sie an den Kamm- und Laternenmacher. Das Horn besteht aus zwei Theilen, einem äußern hornigen Ueberzuge und einer innern kegelförmigen Masse, die fast zwischen verhärtetem Haar und Knochen in der Mitte steht.

* Genaue Nachrichten über den Bergwerksbetrieb in Cornwall findet man in dem Supplement- oder 4. Bde. meiner Bearbeitung von Villefosse Mineralreichthum. Weimar 1837.

Zuvörderst werden nun beide Theile durch einen Schlag gegen einen Holzblock getrennt.

Die hornartige Rinde wird dann mit einer Gestellsäge in drei Theile zerschnitten.

1) Aus dem untersten, der Wurzel des Horns zunächst gelegenen Stücke werden, nach mehren vorläufigen Prozessen, Kämme gearbeitet.

2) Der mittlere Theil wird, nachdem er in der Hitze erweicht und mit Oel durchsichtiger gemacht worden, in dünne Platten zerspalten und bildet einen Ersatz für Glas in ganz gewöhnlichen Laternen.

3) Die Spitze wird zu Messer- und Peitschengriffen und ähnlichen Zwecken verarbeitet.

4) Das Innere oder der Kern des Horns wird in Wasser gekocht; eine große Menge Fett tritt an die Oberfläche, welches der Seifensieder zu gelber Seife benutzt.

5) Die Flüssigkeit selbst wird als eine Art Leim, bei dem Appretiren des Tuchs, zum Steifen benutzt.

6) Die übrigbleibende Substanz kommt zur Knochenmühle und dient als Dünger.

Außer diesen verschiedenen Zwecken, zu denen die verschiedenen Theile des Horns benutzt werden, wendet man auch die beim Kammmachen abfallenden Splitter als Dünger an. Im ersten Jahre, nachdem sie über dem Boden ausgebreitet worden sind, düngen sie nur wenig, aber während der folgenden 4 bis 5 Jahre sind sie um so wirksamer. Die Abschabsel des Laternenmachers sind viel dünner; einige werden in Figuren geschnitten und dienen bemalt als Spielwerk; da sie hygroskopisch sind, so krümmen sie sich in der warmen Handfläche. Der größere Theil der Abschabsel wird jedoch ebenfalls zu Dünger benutzt und bringt, weil die Theilchen sehr dünn und klein sind, schon für die erste Erndte eine gute Wirkung hervor.

Ein anderer zufälliger Erfolg (wenigstens bei einem Gewerbe) der Anwendung großer Kapitalien ist der, daß eine Klasse von Mittelspersonen, die früher zwischen den Fabrikanten und Kaufleuten stand, nun nicht mehr existirt. Bei den gedruckten Kattunen ist dieß das Resultat zweier Ursachen und dahin gehören hauptsächlich die verminderten Productionskosten in großen Fabriken, obgleich diese vielleicht wichtigste nicht die einzige Ursache gewesen ist. Um die andere Ursache, welche zu dieser Veränderung beigetragen hat, zu erklären, müssen wir zu einem Prinzip der Staatswirthschaftslehre unsere Zuflucht nehmen, welches vielleicht eine noch ausgedehntere Erörterung erfordert.

Die Productionskosten irgend eines Artikels hängen von dem Verhältniß zwischen der Production und dem Absatz ab, welches richtig ist, so weit sich das Prinzip erstreckt. Die mittlern Productionskosten irgend eines Artikels, eine lange Zeit hindurch, hängen aber von den Mitteln der Production und des Absatzes mit dem gewöhnlichen Gewinn von dem Kapital, ab.

Die Kosten eines Artikels für den Käufer beruhen auf ganz andern Elementen, die in den meisten Fällen nur eine geringe Wichtigkeit, in andern große Folgen haben.

Die Kosten, die der Käufer hat, sind der Preis, den er für den Artikel bezahlt, nebst den Kosten der Verification, daß die Waaren den Grad der Güte haben, auf welche er den Vertrag machte. In einigen Fällen zeigt sich die Güte der

Waare durch bloßes Ansehen und dann ist der Unterschied des Preises in verschiedenen Magazinen gering. So kann z. B. über die Güte des Hutzuckers durch einen Blick entschieden werden, und dieß hat die Folge, daß der Preis desselben so übereinstimmend und der Gewinn so gering ist, daß der Verkauf desselben von Seiten des Grossisten durchaus nichts Aengstliches hat. Dagegen hat auf der andern Seite der Thee, dessen Qualität äußerst schwierig zu beurtheilen ist und der durch Vermengung so verfälscht werden kann, daß er selbst das geübteste Auge täuscht, einen sehr verschiedenartigen Preis und ist derjenige Artikel, den der Grossist seinen Abnehmern nur mit Besorgniß verkauft.

Die Kosten der Beglaubigung der Güte irgend eines Artikels sind unter gewissen Umständen so bedeutend, daß sie die Abweichung von sehr bestimmten Grundsätzen rechtfertigen. So ist es sehr schwierig, die Verfälschung des Mehls aufzufinden und seine guten Eigenschaften zu schätzen, daher die engl. Regierung gegen den sonstigen Grundsatz, daß sie im Allgemeinen jeden Gegenstand wohlfeiler kaufen als produciren kann, es besser gefunden hat, ausgedehnte Mahlmühlen (wie z. B. zu Deptford) anzulegen und ihr Mehl selbst zu fabriciren, als jeden anzukaufenden Sack prüfen zu lassen und Leute anzustellen, die stets auf neue Methoden sinnen, um die neuen Arten der Mehlverfälschung zu entdecken. Dieses Prinzip hat seinen Einfluß auf die Baumwollenmanufactur gehabt. Früher, als die Arbeiter den Kattun noch in eigenen Wohnungen webten, reisten Leute umher und kauften die Stücke in Masse ein, um sie an den exportirenden Kaufmann abzusetzen. Nun mußten diese aber jedes Stück untersuchen, um sich zu überzeugen, daß es gut gefertigt sei und das richtige Maaß habe. Freilich war dieß bei der Mehrzahl der Arbeiter überflüssig, aber der Betrug einiger Wenigen machte die Untersuchung unausbleiblich nothwendig; denn jeder einzelne Weber konnte, selbst wenn ein Käufer Betrug bei ihm entdeckte, hoffen, daß dieser Umstand nicht allen Andern bekannt werden würde. Wie groß der Werth der Rechtlichkeit auch in allen Verhältnissen des Lebens sein mag, so können ihn doch geringere Kaufleute niemals so vollständig empfinden, als größere Kapitalisten; denn die größern Geldsummen, mit denen der Kaufmann verkehrt, veranlassen, daß andere seine Pünktlichkeit näher untersuchen und kennen lernen. Und so kann ein geachteter Name wie ein Zusatz zum Kapital wirken, und der mit den großen Fabrikanten im Verkehr stehende Kaufmann bedarf der Kosten der Verification nicht, da er weiß, daß der Verlust oder auch nur der Tadel des guten Namens dem Fabrikanten größern Nachtheil zufügen würde, als ihm aus irgend einem einzelnen Geschäft Vortheil erwachsen könnte.

Ehe wir uns von dem Preise der Producte wenden, müssen wir noch zwei andere Umstände erwähnen, die auf seinen Belauf Einfluß haben. Wenn eine Waare nur von einem Fabrikanten geliefert wird, so wird derselbe natürlich solche Verkaufspreise zu stellen suchen, daß er den möglichst höchsten Vortheil davon hat. Bei der Schätzung des Preises wird er sich von zwei Umständen leiten lassen, nämlich daß er auf der einen Seite nicht so hoch ist, um nur einen geringen Absatz zu veranlassen, und auf der andern Seite

doch so viel Vortheile gewährt, um das Anlagekapital gesichert zu haben, ehe Concurrenz entsteht. Ist dagegen dasselbe Gewerbe in den Händen Mehrer, findet eine Concurrenz statt, so hängt der Preis theilweise von den verschiedenen Ansichten der Fabrikanten über die Dauer des Absatzes und theilweise von ihren eigenen besondern Umständen, hinsichtlich der Benutzung des Kapitals, ab.

Lage der Fabriken.

Die Erfahrung zeigt, daß in jedem Lande die Lage großer Fabrikanlagen auf gewisse Distrikte beschränkt ist. In dem frühern Zustande des Fabrikwesens eines Staates, ehe noch wohlfeile Transportmethoden nach einem großen Maaßstabe eingeführt worden waren, befanden sich die Fabriken fast immer in der Nähe derjenigen Punkte, wo die rohen Materialien vorkamen.

Namentlich gilt dieß von schweren, so wie von solchen Dingen, deren Werth mehr vom Material, als von der daran verwendeten Arbeit abhängt. Da die meisten Erze sehr schwer und mit einer großen Menge gewichtiger und nutzloser Substanzen vermengt sind, so müssen sie in der Nähe ihres Vorkommens verschmolzen werden. Dazu sind Brennmaterialien und eine bewegende Kraft erforderlich, und ist in der Umgegend irgend ein Wassergefälle vorhanden, so wird man dieses dazu anwenden, um die Aufbereitungsmaschinen, die Gebläse, die Hämmer, die Walzwerke u.s. w. in Bewegung zu setzen. Freilich wirken oft eigenthümliche Umstände modificirend darauf ein. Nicht immer findet sich das Brennmaterial in der Nähe der Erze, dieß ist nur in wenigen Ländern (z. B. in England, Oberschlesien, Belgien, in einigen Provinzen Frankreichs) bei dem Eisen der Fall, indem Steinkohlen- und Thoneisensteinlager mit einander vorkommen. Da wo die Erze mit Holzkohlen verschmolzen werden, legt man die Hütten in der Nähe der Gruben an, weil sich die leichtern Kohlen wohlfeiler transportiren lassen, als die schweren Erze. Die in Cornwall gewonnenen Kupfererze, die zum Verschmelzen bedeutende Mengen Brennmaterial bedürfen, werden nach Wales verschifft, welches einen sehr bedeutenden Steinkohlenreichthum hat, an denen es in Cornwall gänzlich fehlt. Die von den Schmelzhütten zu Swansea nach den Küsten, in der Nähe der Grubenreviere Cornwalls, zurückkehrenden Schiffe nehmen Steinkohlen mit dorthin, die theils zur Feuerung der Dampfmaschinen angewendet werden, mit denen die Wasserhaltung und Förderung der Gruben bewirkt wird, theils als Brennmaterial zur Zugutemachung der Zinnerze, welches nicht so große Quantitäten erfordert.

Flüsse, welche kohlen- und metallreiche Gegenden durchschneiden, bilden mit der Zeit die Hauptstraße für den Transport sehr schwerer Producte nach solchen Punkten, die mehr Gelegenheit zur gehörigen Benutzung und Bearbeitung derselben darbieten. Es folgen dann Kanäle, oder unterstützen die Flüsse; und da die Dampf- und Gaskräfte noch lange nicht überall, wo sie es könnten, angewendet werden, so dürfen wir hoffen, daß diese Vortheile auch noch Ländern zu Theil werden, denen die Natur sie auf immer versagt zu haben scheint. Da wo neue und wohlfeile Verbindungswege sich eröffnen, bleiben Fabriken, Handel und Civilisation nicht lange aus. Vor zwanzig Jahren

wälzte der Missisippi seine ungeheure Wassermasse mit verschwenderischem Ueberfluß durch viele Hunderte von Meilen und durch Länder, die kaum einigen herumziehenden wilden Indianerstämmen Nahrung gewährten. Die Gewalt des Stromes schien allen menschlichen Anstrengungen, ihn in aufwärtssteigender Richtung zu befahren, zu trotzen und, gleichsam um solche Versuche noch hoffnungsloser zu machen, pflanzten sich große, aus den benachbarten Wäldern gerissene Bäume in dem Strombett gleich Pfeilern ein, an manchen Stellen Schranken, an andern den Kern zu Sandbänken bildend, so daß der Zufall hier eine doppelte Gefahr erzeugte, wo sonst gar keine vorhanden gewesen wäre. Um 350 bis 400 geographische Meilen mit einem kleinen Kahne stromaufwärts zu gelangen, waren kaum vier Monate hinreichend; während jetzt dieselbe Entfernung, in großen von Dampf getriebenen Fahrzeugen, mit Hunderten von Passagieren an Bord und mit allen Bequemlichkeiten des civilisirten Lebens versehen, in vierzehn Tagen zurückgelegt wird. An den Ufern, da wo früher die Hütte des Indianers und hin und wieder isolirte Blockhäuser der wenigen Ansiedler gestanden, erheben sich jetzt Dörfer, Flecken und Städte; und wahrscheinlich wird dieselbe Maschine, welche die Kraft dieses gewaltigen Stromes zu überwinden vermag, einst auch die in dem Bett zufällig vorhandenen Baumstämme und die Sandbänke, welche früher die Schifffahrt auf dem Flusse ganz hinderten und sie noch jetzt gefahrvoll machen, fortschaffen.

Obgleich der Preis jedes Artikels zuletzt auf die Quantität der darauf verwendeten Arbeit zurückgeführt werden kann, so pflegt man doch den meisten Stoffen auf einer gewissen Stufe der Fabrikation den Namen rohes Material zu geben. Das aus den Erzen geschmolzene und dann zu Stabeisen verfrischte Eisen ist alsdann so weit, daß man es zu tausend nützlichen Zwecken verwenden kann und ist daher das rohe Material, aus welchem die meisten von unsern Werkzeugen angefertigt werden. Auf dieser Stufe seiner Behandlung hat der Stoff nur erst wenig Arbeit gekostet und es ist interessant zu verfolgen, wie aus dem vielfachen Verhältniß der angewandten Arbeit zum verbrauchten rohen Material der Werth vieler Kunstproducte hervorgeht.

Blattgold besteht aus einem Stück dieses Metalles, welches bis zu einem solchen Grade dünn gehämmert ist, daß das Licht mit grünlich-blauer Farbe durchscheinen kann. Ungefähr 400 Quadratzoll davon kauft man in der Gestalt eines kleinen Buchs von 25 Goldblättchen für 1½ Schilling (12 Groschen). Das rohe Material, das Gold, kostet in diesem Fall über zwei Drittel weniger als das Fabrikat. Bei dem Blattsilber steht der Werth der Arbeit noch bedeutend höher zu dem rohen Material, indem ein Buch von 50 Blättern, welche über 1000 Quadratzoll decken würden, 1¼ Schilling kostet.

Die relative Einwirkung der beiden eben bezeichneten Ursachen auf den Preis des Artikels läßt sich sehr gut nachweisen bei den sogenannten venetianischen aus feinem Golde fabricirten Ketten. Man hat die Größe dieser Ketten nach Nummern bezeichnet; Nro. 1 ist die feinste,* Nro. 2 ist schon größer ꝛc. In der folgenden Tabelle werden die

* Jetzt werden noch feinere gemacht.

Nummern und Preise der im Jahre 1828 gefertigten aufgeführt. Die erste Colonne bezeichnet die Nummer der Kette, die zweite das Gewicht eines Zolles Länge von jeder Kette nach Granen, die dritte wie viel Glieder, sich in einem Zoll befinden, und die letzte den Preis eines venetianischen Braccio (24¼ Zoll engl. Maaß) in Franken.

Nummer.	Gewicht eines Zolles nach Granen.	Anzahl der Glieder in einem Zoll.	Preis eines venetianischen Braccio (24¼ engl. Zoll) in Franken.
0	0,44	98 bis 100	60 Franken.
1	0,56	92	40 „
1½	0,77	88	26 „
2	0,99	84	20 „
3	1,46	72	20 „
4	1,61	64	21 „
5	2,09	64	23 „
6	2,61	60	24 „
7	3,36	56	27 „
8	3,65	56	29 „
9	3,72	56	32 „
10	5,35	50	34 „
24	9,71	32	60 „

Von diesen Ketten haben also die Nummern 0 und 24 genau denselben Preis, wiewohl die letztere 22 mal mehr an Gold enthält, als die erstere. Allein die Arbeit bei den feinsten Ketten ist so schwierig, daß die sich damit beschäftigenden Frauen nicht länger als zwei Stunden dabei hinter einander aushalten können. Gehen wir von den feineren zu den gröberen Ketten über, so vermindert sich dieser Arbeitswerth im Verhältniß zu dem Werthe des Materials immer mehr, jedoch mit Ausnahme der Nummern 2 und 3, deren Preise gleich sind.

Jedoch wird auf diese Art Ketten bei weitem nicht so viel Arbeit verwendet, als auf manche Eisenmanufakte; der Werth der Arbeit übersteigt selbst bei den feinsten Ketten den des Goldes nicht um das Dreißigfache. Die Spiralfeder einer Taschenuhr kostet ungefähr 2 Pence oder 16 Pfennige und wiegt 0,15 Gran. Das Pfund von dem besten Eisen, das rohe Material, aus welchem man 50,000 solcher Federn machen kann, kostet genau eben so viel. Von den sogenannten Berliner Gußeisenbijouterien kostet mancher Artikel neun- bis zehntausendmal mehr, als das rohe Material.

Von den zur Anwendung der Maschinen sich eignenden Umständen.

Der erste Zweck bei Maschinen und die vorzüglichste Ursache ihres Nutzens besteht darin, daß sie die Artikel möglichst wohlfeil herstellen. Jedesmal, wenn eine große Anzahl von Gegenständen, alle von gleicher Beschaffenheit, geliefert werden soll, ist es zweckmäßig, Maschinen zu deren Verfertigung anzuwenden. Wegen einiger Paar baumwollener Strümpfe einen Strumpfwirkerstuhl zu bauen, wäre ein albernes Beginnen und eine Geld- und Zeitver-

schwendung, indem dazu fünf Stricknadeln hinreichen. Werden dagegen viele tausend Paar Strümpfe verlangt, so bezahlt sich der Geld- und Zeitaufwand zur Herstellung eines Strumpfwirkerstuhls hinlänglich durch Zeitersparniß bei der Fabrikation. Dasselbe gilt vom Copiren der Briefe; sind nur drei oder vier Copien nöthig, so ist gewöhnliches Abschreiben die wohlfeilste Methode; gebraucht man Hunderte, so kann man seine Zuflucht zum Lithographiren nehmen; sind Hunderttausende von Abdrücken erforderlich, so giebt es keinen wohlfeileren Weg, als eine Druckmaschine.

Aber auch dann, wenn eine wohlfeile Production nicht Hauptzweck ist, kommt es häufig vor, daß Maschinen oder Werkzeuge angefertigt werden müssen. Sollen wenige Exemplare, diese aber mit der strengsten Genauigkeit verfertigt werden, z. B. Maschinentheile, so ist es selbst den geschicktesten Händen unmöglich, der Bedingung zu genügen und es müssen daher nothwendig Werkzeuge dazu angefertigt werden, wenn gleich diese, wie es häufig der Fall ist, mehr kosten, als das darauf mit denselben herzustellende Product.

Ein anderes Beispiel von der zu rechtfertigenden Anwendung der Maschinen, selbst bei vermehrten Ausgaben, gewährt der Fall, wenn der Werth des Productes von der Kürze der Zeit abhängt. Bei den täglich in London ausgegebenen Zeitungen ist es häufig der Fall, daß die Parliamentsreden bis 3 oder 4 Uhr Morgens, also bis wenige Stunden vor der Zeit des Erscheinens der Blätter dauern, welche jene Reden gedruckt enthalten sollen. Die Reden werden von Berichterstattern, die sich einander ablösen, stenographirt, dann haben sich dieselben nach der, vielleicht eine Viertelmeile entfernt liegenden Officin der Anstalt zu begeben, ihre Notizen umzuschreiben, damit sie von dem Setzer gesetzt, corrigirt, gedruckt und die Zeitungen endlich vertheilt werden können. Einige derselben setzen 5 bis 6000 Exemplare ab. Nehmen wir aber auch nur eine Auflage von 4000 Exemplaren an, und es werden in der Stunde 500 auf einer Seite bedruckt (mehr aber können 2 Drucker und ein Knabe mit einer gewöhnlichen Handpresse nicht leisten), so wären zum Druck der ganzen Auflage 16 Stunden erforderlich; so daß die Nachrichten schon veraltet wären, ehe die letzten Abdrücke zu ihren Abonnenten gelangten. Um diesen Uebelstand zu vermeiden, mußte die Zeitung oft doppelt, ja, wenn es spät war, selbst dreifach gesetzt werden. Mit den verbesserten Druckmaschinen kann man dagegen 4000 Exemplare in einer Stunde bedrucken.

Die Fortschaffung der Briefe ist ein anderes Beispiel, bei dem Zeitersparniß die Anlage eines dazu bestimmten Mechanismus, wäre er auch sehr kostbar, völlig rechtfertigen würde. Der Schnelligkeit des Pferdes hat die Natur Gränzen gesetzt, welche durch keine Verbesserung der Zucht noch der Landstraßen überschritten werden kann, und von der man, wenigstens in England, nicht weit entfernt ist. Wenn wir den großen Zeit- und Geldaufwand berücksichtigen, den es erfordert, irgend eine Theorie oder Kunst auf die letzte Stufe der Vollendung zu heben; so dürfen wir voraussetzen, daß die Zeit nicht fern ist, in welcher statt der Pferde zum Brieftransport ein Mechanismus angewendet werde.

Das jeden Abend von London nach Bristol, einer der größten englischen Städte, mit der Post beförderte Brief-

felleisen wiegt gewöhnlich keine hundert Pfund. Zu der Fortschaffung dieser Briefe, die Hauptzweck ist und mit der man als Nebenzweck Personentransport verbindet, über eine 120 englische (26 deutsche) Meilen betragende Strecke, muß eine Kutsche von mehr als 3000 Pfund Gewicht in Bewegung gesetzt werden.

Bei einem zum Brieftransport etwa einzuführenden Mechanismus würde offenbar die Verminderung des Gewichts aller gleichzeitig mit den Briefen transportirten Gegenstände eine wünschenswerthe Bedingung sein; eben so auch Verminderung der Schnelligkeit der dazu angewendeten Thierkraft, weil das Pferd um so weniger an Gewicht ziehen kann, je schneller es getrieben wird. Von den verschiedenen Vorrichtungen, die sich zu diesem Zweck erdenken lassen, heben wir eine heraus, welche, obwohl sich dagegen Manches einwenden läßt, einige der gewünschten Bedingungen erfüllt und die keine bloße Theorie mehr ist, indem damit einige, freilich nur beschränkte Versuche gemacht worden sind.

Man denke sich eine Reihe hoher Pfeiler, die in Zwischenräumen von vielleicht hundert Fuß zwischen zwei Poststädten in möglichst gerader Linie aufgestellt sind. Ein Eisen- oder Stahldraht läuft nun über die mit Trägern versehenen Pfeiler und endigt alle halbe oder ganze englische Meile an einem sehr starken Pfeiler, durch welchen er straffer gespannt werden kann. An jedem dieser Ausgangspunkte müßte ein Stationsbeamter wohnen. Auf dem Drahte nun rollen zwei Räder, an welchen eine, die Briefe enthaltende, kleine cylindrische Büchse aufgehängt ist; dieselbe muß so construirt sein, daß ihre Räder ohne Hindernisse über die Aushängungspunkte des Drahtes weggehen können. Ein weit dünnerer Draht läuft über zwei Scheiben, von denen die eine am Anfang, die andere am Ende der Station angebracht ist. Dieser Draht wird von Röllchen getragen, die in geringer Entfernung oberhalb der Joche des stärkern Drahtes angebracht sind. Man hätte also zwei, den dickern Draht stets begleitende Linien des dünnern Drahtes, und die Stationsbeamten an beiden Enden brauchten nur die Trommel zu drehen, um letztern in entgegengesetzten Richtungen mit großer Geschwindigkeit zu bewegen. Der Briefcylinder wird mittelst einer Schnur oder mittelst eines Hakens mit einer oder der andern Linie des Drahtes ohne Ende in Zusammenhang gebracht und sodann bis an's Ende der Station schnell fortbewegt, wo ihn der Beamte auf die nächste überträgt, um ihn dort auf dieselbe Weise weiter zu befördern. Es ist nicht die Absicht, uns hier in Details einzulassen, die dieser oder ein anderer ähnlicher Plan erfordern würde. Daß Schwierigkeiten vorhanden sind, läßt sich durchaus nicht in Abrede stellen; sind diese aber zu beseitigen, so hätte man außer der Schnelligkeit auch noch viele andere Vortheile erlangt. Denn durch die Anstellung der Stationsbeamten fielen die Kosten, welche zwei oder drei Briefausgaben täglich verursachen, größtentheils weg; ja selbst Eilbotschaften ließen sich dann, mit verhältnißmäßig unbedeutenden Kosten, jeden Augenblick abfertigen und es ist sogar nicht unmöglich, daß man sich des gespannten Drahtes zu einer Art von noch schnellerer telegraphischer Mittheilung bedienen könnte.

Wir führen noch ein Beispiel an, bei welchem der zu erreichende Zweck so wichtig ist, daß er die Anwendung

von sehr kostspieligen Maschinen, obwohl man ihrer nur selten bedürfte, rechtfertigt. Ein Schiff mit Mannschaft an Bord, welches sich unter der Meeresoberfläche eine Strecke weit rudern ließe, wäre in vielen Fällen von unschätzbarem Werthe. Maschinen, zu deren Bewegung Feuer erforderlich ist, können offenbar zur Forttreibung eines solchen Fahrzeuges nicht angewendet werden. Wenn man aber eine, bis zum tropfbar flüssigen Zustande verdichtete Luft mitnehmen und mit dieser eine fortschaffende Kraft erzeugen könnte, welche hinreichte, das Schiff eine bedeutende Strecke zu treiben, so würden die Kosten schwerlich ein Hinderniß sein, diese Kraft gelegentlich in Anwendung zu bringen.

Die Fähigkeit, mechanische Vorrichtungen und Zusammensetzungen von Maschinen zu erfinden, scheint, wenn man nach der häufigen Ausübung derselben urtheilt, keine seltne Gabe zu sein. Unter der zahlreichen Menge von Erfindungen, welche seit einer Reihe von Jahren fast täglich zum Vorschein kommen, ist ein großer Theil verfehlt wegen der unvollkommenen Beschaffenheit des ersten Versuchs, während ein noch größerer Theil, der die mechanischen Schwierigkeiten umgangen hat, blos deshalb fehlschlug, weil auf die Ersparung ihrer Operationen nicht hinlänglich geachtet ist.

Bewegungen, selbst der zusammengesetztesten Art, zu erzeugen, ist nicht schwierig. Es giebt eine große Anzahl bekannter Vorrichtungen für alle gewöhnlichern Zwecke, und wenn die Ausübung einer mäßigen Kraft der Zweck des auszuführenden Mechanismus ist, so läßt sich die ganze Maschine auf dem Papier construiren, und sowohl die angemessene Festigkeit eines jeden ihrer Theile und des sie tragenden Gerüstes, endlich auch die Stärke ihrer Wirkung lange, ehe noch ein einzelner Theil der Maschine ausgeführt ist, beurtheilen. Wirklich müßte überhaupt jede Erfindung und jede Verbesserung zuvor durch eine Abbildung veranschaulicht werden. Auf der andern Seite giebt es Wirkungen, die von physischen und chemischen Eigenschaften abhängen und zu deren näherer Bestimmung Zeichnungen von gar keinem Nutzen sein können; diese sind recht eigentlich Gegenstände directer Versuche.

Wenn z. B. das Endresultat einer Maschine darin besteht, in eine Kupferplatte mittelst stählerner Punzen Buchstaben einzudrücken, so gehören alle Mechanismen, wodurch die Punzen und die Kupferplatte in bestimmten Zeitintervallen zu bewegen und mit einander in Berührung zu bringen sind, in den Bereich der Zeichnung und die Maschine läßt sich genau auf dem Papiere entwerfen. Dabei kann aber vernünftigerweise das Bedenken entstehen, ob nicht der Wulst, der sich rings um den, in die Kupferplatte eingedrückten Buchstaben erheben wird, den Punzen in seiner eigenthümlichen Wirksamkeit beim Eindrücken des nächstangränzenden Buchstabens hinderlich ist. Auch ist zu befürchten, daß durch das Eindrüken des zweiten Buchstabens, wenn derselbe hinlänglich nahe bei dem ersten zu stehen kommt, die Gestalt des letztern theilweise wieder zerstört werde; und wenn auch keins von diesen Uebeln eintreten sollte, so steht doch zu erwarten, daß die durch das Eindrücken der Buchstaben hervorgebrachten Wülste der Güte der von der Kupfertafel erhaltenen Abdrücke nachtheilig sein würde, und daß die Platte selbst, nachdem sie bis

auf die Ränder ganz mit Zeichen bedeckt ist, von der ungleichartigen Verdichtung, welche sie durch diesen Prozeß zu erleiden hat, so ihre Gestalt ändern werde, daß es sehr schwer sein wird, gute Abdrücke von ihr zu erlangen. Diese Schwierigkeit durch irgend eine Zeichnung zu beseitigen, ist unmöglich und nur durch Versuche läßt sich ihre Wirkung bestimmen. Solche Versuche sind angestellt worden und man hat gefunden, daß wenn die Seiten der Stahlpunzen fast rechtwinklig auf der Fläche der Buchstaben sind, alsdann nur ein sehr unbedeutender Wulst entsteht, so daß bei der geringen Tiefe, welche für den Kupferdruck hinreichend ist, keine Verzerrung der angränzenden Buchstaben statt finden kann, selbst wenn dieselben auch sehr dicht bei einander zu stehen kommen; — daß der um jeden Buchstaben entstehende schwache Wulst sehr leicht abgeschabt werden kann; — endlich daß die Kupfertafel selbst durch die Verdichtung des Metalles keine nachtheilige Aenderung der Gestalt erleidet, und nachdem ein solches Verfahren damit vorgenommen worden ist, sie für den Druck vollkommen geeignet ist.

Der nächste Schritt in dem Fortgange einer Erfindung, nachdem die Zeichnungen vollendet und die erforderlichen, vorläufigen Versuche angestellt worden sind, ist die Ausführung der Maschine selbst. Es kann denen, welche sich mit dem Entwurf und der Ausführung neuer Maschinen beschäftigen, nicht fest genug eingeprägt werden, daß, je specieller alle Theile in den Zeichnungen ausgeführt worden sind, um so erfolgreicher der Versuch ausfallen werde und mit desto geringern Kosten das erwünschte Resultat sich erreichen lasse. Die wirkliche Ausführung nach den Werkzeichnungen ist verhältnißmäßig eine leichte Arbeit, allein es muß dabei vorausgesetzt werden, daß man gute Werkzeuge und Arbeitsmethoden anwendet, bei denen die Vollkommenheit der Ausführung weniger von der persönlichen Geschicklichkeit der Arbeiter, als von der Sicherheit der Methoden abhängt.

Die Ursachen der Fehler in diesem Stadium liegen meistens in Irrthümern, die bei den erwähnten Vorbereitungsarbeiten statt gefunden haben, und es wird hier genügen, die Quellen derselben blos mit wenigen Worten anzudeuten. Häufig entspringen die Fehler aus der Vernachlässigung der Rücksicht, daß die Metalle nicht vollkommen unbiegsam, sondern elastisch sind. Ein stählerner Cylinder von geringem Durchmesser darf nicht als eine unbiegsame Stange angesehen werden, sondern es muß derselbe, damit seine Wirkung als Welle vollkommen gesichert sei, an den gehörigen Punkten unterstützt werden. Eben so muß man die Stärke und die Steifheit des, die Maschine tragenden Gerüstes sorgfältig mit in Betracht ziehen. Man sollte stets berücksichtigen, daß die Anhäufung überflüssiger Massen in den unbeweglichen Theilen einer Maschine nicht von denselben Uebeln begleitet ist, welche dann entstehen, wenn die bewegten Theile zu schwer sind, indem im erstern Fall das Trägheitsmoment nicht vergrößert wird.

Die Festigkeit und Unverrückbarkeit des Gerüstes einer Maschine führt noch einen andern wichtigen Vortheil mit sich. Sind die Zapfenlager einer Welle einmal in eine gerade Linie gebracht, so werden sie fortwährend darin beharren, sobald das Gerüst unverrückbar ist; wo hingegen,

wenn es seine Gestalt im geringsten verändert, sogleich eine bedeutende Vergrößerung der Reibung entsteht. Man kennt diese Wirkungen in den Manufacturdistricten Englands so gut, daß bei der Veranschlagung der Betriebskosten einer neuen Fabrik fünf Procent von der Kraft der Dampfmaschine erspart werden, wenn das Fabrikgebäude ganz feuerfest d. h. aus Stein und Eisen erbauet worden ist. Es ist diese Ersparung an Kraft eine Folge der größeren Festigkeit gänzlich massiver Gebäude, indem in einem solchen die Zapfenlager der langen Wellen nicht im geringsten abweichen, demnach also gar nicht in ihrer Bewegung gehindert werden und die Reibung weit geringer als gewöhnlich ist.

Ein großer Irrthum ist es, annehmen zu wollen, daß zu einem Versuch irgend ein unvollkommenes Werk gut genug sei. Ist ein Versuch nöthig, so muß er auch mit allen den Vortheilen angestellt werden, die der Zustand der Mechanik gewährt; denn ein unvollkommener Versuch kann das Aufgeben einer Idee zur Folge haben, die sich bei einer bessern Ausführung der Arbeit vielleicht als praktisch ausführbar bewiesen hätte. Ist aber der Erfolg vermöge guter Ausführung einmal dargethan, so wird es leicht sein, denjenigen Grad der Vollkommenheit zu bestimmen, der für die genaue Wirksamkeit der Maschine ausreicht.

Daß manche Erfindungen nach Versuchen in dem einen Stadium der Kunst aufgegeben, in einer andern Periode aber mit dem besten Erfolge gekrönt worden, ist theils der Unvollkommenheit der Originalversuche, theils der stufenweisen Verbesserung der Maschinenbaukunst zuzuschreiben. Die Idee des Druckens mittelst beweglicher Typen hat sich wahrscheinlich in der Vorstellung mancher Leute erzeugt, welche mit Stempel- und Siegelabdrücken vertraut waren. Unter den, in den Ruinen von Pompeji und Herkulanum gefundenen Instrumenten giebt es Stempel für Worte, die in einem Stück Metall ausgearbeitet sind und mehre Buchstaben enthalten. Es konnte kaum fehlen, daß der Gedanke, diese Buchstaben zu trennen und sie zum Behuf des Druckens von Büchern wieder in andern Worten zu combiniren, sich Mehren aufdrängte; allein sicher würden gerade die besten Mechaniker jener Periode diesen Gedanken am ersten aufgegeben haben, weil sie sogleich die Unmöglichkeit eingesehen haben würden, mehre tausend Holz- oder Metallstückchen so vollkommen und genau zuzurichten und dieselben so gleichmäßig anzuordnen, wie es bei den, in der Buchdruckerkunst gebräuchlichen Typen oder Holzstempeln erforderlich ist. Das Prinzip der sogenannten Bramah'schen Presse war beinahe anderthalb Jahrhunderte bekannt, ehe die Maschine selbst, zu deren Entstehung es Veranlassung gegeben, existirte; allein der unvollkommene Zustand der Mechanik zur Zeit des Erfinders mußte denselben abhalten, das Prinzip in der Praxis anzuwenden.

Diese Betrachtungen beweisen, wie nützlich es ist, nach Verlauf von gewissen Zeiträumen, während welchen die Maschinenbaukunst einige große Fortschritte gemacht hat, solche Versuche zu wiederholen, die früher, obgleich auf richtigen Prinzipien beruhend, fehlgeschlagen sind.

Aber auch dann, wenn die Zeichnungen richtig angefertigt sind, die Maschine gut ausgeführt worden ist, und die von ihr producirte Arbeit alle Eigenschaften besitzt, welche man davon erwartet hat, so kann die Erfindung dennoch eine verfehlte sein. Dieß ist nämlich dann der Fall, wenn sie nicht in allgemeinen Gebrauch kommt. Es rührt dieß am häufigsten daher, daß sie mit größern Unkosten producirt, als dieß durch andere Methoden geschieht.

Soll die neue und verbesserte Maschine die Grundlage einer Fabrik werden, so ist es ein wesentliches Erforderniß, daß die sämmtlichen durch sie veranlaßten Productionskosten berücksichtigt werden, ehe man zu ihrer Erbauung schreitet. Die Veranschlagung dieser Kosten ist fast immer sehr schwierig; um so mehr, je zusammengesetzter der Mechanismus, und bei einer sehr verwickelten und ausgedehnten Maschinerie fast unmöglich. Nach einer oberflächlichen Berechnung nimmt man an, daß die Anlagekosten eines ersten Exemplars einer neuerfundenen Maschine ungefähr fünfmal mehr kostet, als die Construction des zweiten; eine Annahme, die der Wahrheit ziemlich nahe kommen mag. Soll die zweite zu erbauende Maschine der ersten genau gleich werden, so kann man zu derselben die nämlichen Zeichnungen und Modelle benutzen. Zeigen sich, wie es gewöhnlich bei dem Versuch mit der ersten Maschine der Fall ist, einige anzubringende Verbesserungen, so muß freilich dieß und jenes verändert werden. Sind aber erst zwei oder drei Maschinen vollendet und es werden noch mehre verlangt, so können diese gewöhnlich zu einem fünf- und noch mehrfach geringern Preise, als das erste Stück, hergestellt werden. Die Kunst der Erfindung, der Entwerfung und der vollkommensten Ausführung sind selten in einem Individuum vereinigt, weshalb man auch hier seine Zuflucht zur Theilung der Arbeit nehmen muß. Der beste Rath, den man dem Urheber einer neuen mechanischen Erfindung geben kann, ist der, einen tüchtigen Zeichner anzustellen. Besitzt derselbe viel Erfahrung in seiner Kunst, so läßt sich durch seinen Beistand bald ausmitteln, ob die Erfindung neu sei und dann kann er davon die Werkzeichnungen anfertigen. Dee erste Schritt aber, die Ueberzeugung, in wiefern die Erfindung auf den Namen der Neuheit Anspruch machen könne, ist sehr wichtig und es ist nicht leicht, Ueberzeugung davon zu erlangen. Es ist ein Gegenstand, der von den Erfindern oft gänzlich vernachlässigt wird.

Es giebt vielleicht keine Menschen, kein Gewerbe, worin so viel Pfuscherei, so große Unkunde der wissenschaftlichen Grundsätze und der Geschichte der Mechanik, des Maschinenwesens und der Kunst, so wie von deren Umfang herrscht, als unter den mechanischen Projectenmachern. Der durch sich selbst gebildete (autodidaktische) Maschinenbauer, geblendet von der Schönheit einer vielleicht wirklich originellen Erfindung, treibt sein Gewerbe oft mit großer Keckheit und Sorglosigkeit, ohne nur zu ahnen, daß Unterricht, Nachdenken und angestrengtes Arbeiten zu dessen erfolgreicher Ausübung unumgänglich nöthig seien. Viel von diesem falschen Selbstvertrauen entspringt aus den, über die Schwierigkeiten mechanischer Erfindung vorherrschenden unrichtigen Begriffen, und es ist daher von großer Wichtigkeit für das persönliche und Familienwohl derjenigen, welche, betrogen durch den eigenen und den Beifall Nichtsachverständiger, ein ihnen angemessenes Gewerbe aufgeben, ihnen und dem Publicum begreiflich zu machen, daß viele Menschen die Gabe besitzen, mechanische Combinationen zu

machen und daß dazu keineswegs Talente vom ersten Range gehören. Möchten sie doch, was noch wichtiger ist, bedenken, daß die Männer, welche sich in diesem Fache ausgezeichnet haben, ihren großen Verdienst und ihr Glück fast ausschließlich ihren vieljährigen Erfahrungen und ihren gereiften Kenntnissen verdanken, die sie mit unablässiger Ausdauer auf ihre glücklichen Erfindungen anwendeten.

Für alle Künste und Wissenschaften gilt der Grundsatz, daß derjenige, welcher durch neue Entdeckungen Reichthum und Ehre erlangen will, vorher unverdrossen die Kenntnisse seiner Zeitgenossen sorgfältig zu erforschen habe, wenn er nicht seine Anstrengungen erschöpfen will, um das noch einmal zu erfinden, was wahrscheinlich schon lange vor ihm besser ausgeführt worden ist.

Dauer der Maschinen.

Die Länge der Zeit, innerhalb welcher eine Maschine ihre Leistungen regelmäßig verrichtet, hängt hauptsächlich von der Vollkommenheit, mit der sie erbauet; von der Sorgfalt, die auf ihre Erhaltung verwendet, daß hauptsächlich jedem Loswerden und Schlottern der Wellen sogleich begegnet wird; so wie endlich von der geringen Masse und der mäßigen Geschwindigkeit des sogenannten umgehenden Zeuges, d. h. der sich bewegenden Theile, ab. Jeder heftige Stoß, jede plötzliche Veränderung der Richtung der Bewegung ist nachtheilig. Maschinen zur Erzeugung von Kraft, wie Windmühlen, Wasserräder, Dampfmaschinen, halten in der Regel lange aus.* Dagegen nutzt sich eine Maschinerie zur Darstellung irgend eines stark gesuchten Artikels selten ganz ab, indem meist schon vor diesem Zeitpunkte Verbesserungen erfunden werden, mittelst denen dieselben Leistungen schneller, auch wohl besser gemacht werden können. Man nimmt daher auch ziemlich allgemein an, daß eine gute, brauchbare Maschine sich innerhalb fünf Jahren bezahlt haben und nach zehn Jahren durch eine bessere verdrängt werden muß.

Verbesserungen im Maschinenwesen scheinen aus folgendem Grunde bald darauf die Production zu vermehren. Ein Fabrikant, der sein Kapital auf die herkömmliche Weise nutzt und mit Spinn- und Webestühlen, so wie mit andern im guten Zustande sich befindenden Maschinen versehen ist, von denen ihm jede nach den bestehenden Preisen **100** Pfund Sterl. kostet, erfindet einige Verbesserungen. Diese sind jedoch von der Art, daß sie an den Maschinen, die er besitzt, nicht angebracht werden können. Seine Berechnungen ergeben aber, daß nach dem Preise, zu welchem er sein Fabrikat absetzen kann, jede neue Maschine innerhalb drei Jahren sich nicht nur selbst wieder bezahlt machen, sondern auch das Anlagekapital wie gewöhnlich verzinsen würde. Ferner schließt er in Folge seiner Geschäftskenntniß, daß die in Anwendung zu bringenden Verbesserungen innerhalb dieser Zeit von andern Fabrikanten nicht wohl angenommen werden können. Nach diesen Betrachtungen liegt es nun in seinem Interesse, die Maschinen, welche er

* Eine feststehende und als bewegende Kraft dienende Dampfmaschine soll nach ziemlich allgemeiner Annahme 10 Procent ihres Anlagekapitals Ertrag liefern.

jetzt besitzt, zu verkaufen, ja selbst zu dem halben Preise, und dagegen neue nach der verbesserten Art zu erbauen. Da nun der Käufer der alten Maschinen, der nur **50** Pfund Sterling dafür gegeben hat, kein so großes Betriebskapital zu verzinsen hat, als der frühere Besitzer der Maschinen, dennoch aber dieselbe Quantität fabricirt, so wird sein Gewinn größer sein. Die Waare wird im Werthe fallen; einestheils, weil sie mit Hülfe der neuen Maschinen wohlfeiler hergestellt werden kann, anderntheils, weil der Betrieb der alten, weniger kostenden Maschinen mehr Nutzen abwirft. Dieser Wechsel ist jedoch nur vorübergehend; denn es tritt eine Zeit ein, nach welcher die alten, auch im besten Zustande erhaltenen Maschinen dennoch werthlos werden. Die vor nicht gar langer Zeit an den Bobbinnet- oder Tüll-Maschinen gemachten Verbesserungen waren so bedeutend, daß eine gute brauchbare Maschine, die neu **1200** Pfund Sterling gekostet hatte, nach Verlauf von wenigen Jahren für **60** Pfund Sterling verkauft wurde. Während der großen Geschäfte mit diesem Fabrikate folgte eine Verbesserung so schnell der andern, daß noch gar nicht vollendete Maschinen von den Erbauern selbst unbenutzt stehen gelassen wurden, weil sie die neuen Verbesserungen durchaus werthlos machten.

Die Dauer der Waaren übt auf ihren Preis einen beständigen Einfluß aus. Wir haben bereits bemerkt, daß der sogenannte momentane Preis irgend eines Artikels von dem bestehenden Verhältniß zwischen Zufuhr und Nachfrage, theils aber auch von den Kosten der Beglaubigung abhänge. Dagegen wird der Durchschnittspreis in einer längern Periode nicht nur durch die durchschnittliche Zufuhr, Nachfrage und die zur Production und Herbeischaffung auf den Markt erforderliche Arbeit, sondern auch durch die Dauerhaftigkeit des fabricirten Artikels bedingt. Viele gewöhnlich benutzte Dinge werden durch den Gebrauch consumirt; so kann ein Schwefelholz, ein Bogen Papier und eine Cigarre nie doppelt benutzt werden. Dagegen giebt es andere, vielleicht wenige Artikel, die nie abgenutzt werden. Es gehören hierher die härtern Edelsteine, wenn sie gut geschnitten und polirt sind. Die Façon der Gold- und Silbereinfassungen mag sich mit der Mode des Tages ändern und ist daher aus zweiter Hand stets verkäuflich, wogegen die Edelsteine selbst einem solchen Wechsel nie unterworfen sind. Der Brillant, der nacheinander auf dem Halse von hundert Schönen geprangt, oder Jahrhunderte an dem Finger von Patriziern geglänzt hat, wird von dem Juwelenhändler auf derselben Waage gewogen, wie der eben von der Scheibe des Demantschleifers gekommene; er wird von ihm karatweise ge- und verkauft. Die sehr verschiedene Dauer der großen Masse der übrigen Waaren liegt zwischen diesen beiden Extremen. Der Durchschnittspreis solcher Dinge, welche durch die Benutzung verbraucht werden, kann natürlich nie geringer sein, als die Kosten der Herbeischaffung auf den Markt. Eine kurze Zeit hindurch mögen sie wohlfeiler verkauft werden; doch dann muß die Production eines solchen Artikels bald gänzlich aufhören. Nutzt sich aber andrerseits der Artikel nie ab, so kann sich sein Preis auf permanente Weise unter seinem Productionspreis halten; die einzige Folge wird dann die sein, daß keine neue Production stattfindet. Der Preis wird im Verhältniß des Vorraths zur Nachfrage

stehen und steigt er später wieder anhaltend über die Productionskosten, so tritt alsdann auch die Production wieder ein. Waaren veralten nicht blos durch wirkliches Verderben oder durch ein Abnutzen, sondern auch durch spätere Verbesserungen, oder durch Veränderungen ihrer, von dem wechselnden Geschmack des Zeitalters bedingten Formen und Mustern. Unter den beiden letztern Umständen haben die Waaren nur wenig von ihrer Brauchbarkeit verloren; da sie aber von ihren bisherigen Consumenten nicht mehr so stark gesucht werden, so gehen sie mit einem ermäßigtern Preise zu einer niedern Klasse der Gesellschaft hinab. So findet man viele Hausgeräthe, z. B. gut gearbeitete Tische und Stühle, in den Zimmern von Leuten, die sie neu nicht kaufen konnten; ja häufig treffen wir auch in den Häusern von Reichern große Spiegel an, die durch die Hände mehrer Eigenthümer gegangen sind, nur aus dem Grunde, weil sich die Gestalt des Rahmens mit der Mode änderte. Oft ist sogar auch diese unverändert geblieben und nur eine neue Vergoldung nöthig, um den Spiegel als vollkommen aus erster Hand erscheinen zu lassen.

In der eben erwähnten Beziehung haben Spiegelgläser viel Eigenthümliches. Am häufigsten werden sie durch Gewalt beschädigt; das Eigenthümliche besteht nun darin, daß das Spiegelglas auch zerbrochen einigen Werth behält, welches bei andern Artikeln nicht der Fall ist. Zerspringt ein großer Spiegel, so macht man zwei oder mehre kleine daraus, von denen jeder wiederum ein selbstständiges Geräth bildet; auch in viele Stücke zerbrochene Spiegel können noch zu kleinen Handspiegeln benutzt werden. Ist auch die Folirung beschädigt, so kann diese entweder wieder hergestelt, oder es kann das Glas zu Fenstern benutzt werden. Aus den englischen Fabriken kommen jährlich zu dem, in dem Lande vorhandenen Glase noch ungefähr **250,000** Quadratfuß von neuem Glase hinzu. Eine Schätzung der jährlich zerstörten oder ausgeführten Quantität läßt sich nicht leicht machen; jedoch kann sie nicht sehr groß sein und die Wirkungen jenes beständigen Zuwachses ersieht man aus dem verringerten Preise und in der vermehrten Consumtion des Glases. Wäre es ganz unzerstörbar, so würde der Preis immer mehr herabsinken und hätten neue Gebrauchsarten und die größere Anzahl von Consumenten nicht eine größere Nachfrage zur Folge, so müßte zuletzt sogar eine einzige, von keiner Concurrenz beschränkte Fabrik ihr Geschäfte einstellen, indem die Dauerhaftigkeit ihres eigenen Products ihr endlich den Markt verschlösse.

Da der relative Werth desselben Fabrikats in verschiedenen Ländern stets eine interessante Untersuchung ist, so theilen wir folgende Tabelle mit.

Vergleichung der Spiegelglaspreise in den Manufacturen zu London, Paris und Berlin.

Höhe.	Breite.	London. 1827.		Paris. 1825.		Berlin. 1832.	
Zoll	Zoll.	Thlr.	Sgr.	Thlr.	Sgr.	Thlr.	Sgr.
16	16	5	20	3	6	3	6
20	20	16	6 2/3	14	16	7	20
30	30	46	6 2/3	77	—	40	10
60	40	94	4	185	16	96	12
76	40	134	—	297	16	140	5
90	50	242	6	880	—	273	—
100	75	519	22 2/3	1885	16	—	—
120	75	684	6	3674	—	—	—

Das Belegen dieser Gläser beträgt in England **20**, in Paris **10** und in Berlin **33⅓** Prozent von dem Productionspreise derselben.

Von den Verbindungen zwischen Fabrikherren und Arbeitern.

Fast unter allen Classen von Arbeitern findet man bestimmte Regeln und Gesetze, nach denen sich ihre Handlungen unter einander und gegen ihre Brodherren richten. Außer diesen allgemeinen hat fast jede Fabrik noch ihre besondern Regeln, die in vielen Fällen aus einem stillschweigenden Einverständniß der Parteien unter sich entstanden sind. Dergleichen Regeln sind selten Andern, als den in dem Geschäft Begriffenen bekannt; allein da es von Wichtigkeit ist, daß sowohl ihr Vortheil als auch ihr Nachtheil gehörig erkannt werde, so wollen wir einige Bemerkungen darüber machen. Die Grundsätze, nach denen solche Gesetze geprüft werden, sind folgende:

1) Daß sie zur Wohlfahrt aller hierbei Betheiligten beitragen.

2) Daß sie Betrug hindern.

3) Daß sie so wenig als möglich die freie Thätigkeit eines jeden Individuums beschränken.

In vielen Werkstätten ist es etwas ganz Gewöhnliches, daß jeder neu eintretende Arbeiter den übrigen Arbeitsgenossen eine kleine Geldsumme spenden muß. Es ist augenscheinlich ungerecht, auf dieser Abgabe zu bestehen und wenn das Geld zum Trinken angewendet werden soll, welches leider nur zu oft der Fall ist, sogar sehr nachtheilig. Als Grund der Forderung wird angeführt, daß der Ankömmling erst mit den Gebräuchen der Werkstätte und mit der Handhabung der verschiedenen Werkzeuge bekannt gemacht werden und daß dies seinen Mitarbeitern durchaus Zeit rauben müsse. Würden diese Spenden in einer besondern Casse gesammelt und zu gewissen Zeiten vertheilt oder zu Unterstützungen bei Krankheitsfällen des Arbeiterpersonals angewendet, so würde weniger dagegen einzuwenden sein, weil dieß auch ein Grund sein würde, dem zu häufigen Wechsel der Arbeiter aus einer Fabrik in die andere vorzubeugen. Unter keinen Umständen aber sollte es eine Zwangsmaaßregel sein und nur die Vortheile, die aus einem solchen Fond für die Arbeiter entstehen, sollten einen Jeden zu Beiträgen bewegen.

In vielen Fabriken sind die Arbeiter auch dann, wenn sie zu gänzlich verschiedenartigen Operationen verwendet werden, dennoch in vielen Fällen von einander abhängig. So kann z. B. ein Schmied in einem Tage so viel ausschmieden, um vier oder fünf Dreher während des nächsten Tages hinlänglich zu beschäftigen. Vernachlässigt derselbe nun aus Faulheit oder Unmäßigkeit seine Arbeit und liefert er nicht den nöthigen Bedarf, so werden die Dreher, die ebenfalls stückweis und nicht nach der Arbeitszeit bezahlt werden, nicht hinreichende Beschäftigung haben und weit weniger verdienen können. Es ist daher zweckmäßig, für solche Fälle eine Strafe festzusetzen, um eine Wiederholung solcher nachtheiligen Ereignisse zu verhindern. Jedoch ist es auch nöthig, daß der Fabrikherr bei Feststellung eines solchen Gesetzes mit den Arbeitern Rücksprache nehme und daß dieselben jedem Arbeiter vor seinem Eintritt in die

Fabrik mitgetheilt werden. Wünschenswerth ist es endlich, daß die gezahlten Strafgelder nicht zum Vertrinken, sondern zu einem nützlichen Zwecke angewendet werden.

In manchen Fabriken ist es gebräuchlich, daß der Fabrikherr eine kleine Vergütung giebt, wenn ein Arbeiter einen besondern Grad von Geschicklichkeit gezeigt, oder an Materialien erspart hat. So erhält man beim Spalten von Horn in Blätter zu Laternen in England meist **5** bis **8** solcher Blätter; erhält der Arbeiter aber **10** und mehre, so giebt ihm der Fabrikbesitzer eine Pinte Ale. Jedoch dürfen die Vergütungen oder Ueberschußbelohnungen nicht zu hoch sein, weil die Arbeiter dadurch leicht zu nicht erfolgreichen Versuchen angereizt werden und dann Material verwüsten. Werden aber solche Einrichtungen auf eine umsichtige Weise getroffen, so wirken sie sehr wohlthätig; sie fördern die Geschicklichkeit der Arbeiter, nutzen dem Fabrikherrn und vermindern die Preise.

In einigen wenigen Fabriken, in denen die Arbeiter stückweis bezahlt werden, ist es gebräuchlich, denjenigen Arbeiter, welcher so schlecht ausgeführte Arbeit geliefert hat, daß sie zurückgesetzt werden mußte, zu bestrafen. Ein solcher Gebrauch trägt dazu bei, das Nachtheilige des Lohnens nach der gelieferten Stückzahl des Fabrikats zu vermindern und unterstützt den Fabrikherrn ganz außerordentlich, indem sein eigenes Gutachten durch competente und vorurtheilsfreie Richter bestätigt wird.

Oft bestehen da, wo größere Massen von Arbeitern zusammen sind, Verbindungen unter denselben und eben so auch unter den Fabrikanten eines und desselben Gewerbes. Die Zwecke dieser Vereine sind verschieden; wünschenswerth ist es aber, daß die Folgen derselben von den Mitgliedern auch wohl verstanden werden, und daß die aus denselben hervorgehenden, sicher bedeutenden Vortheile so viel als möglich von den Uebeln und Fehlern getrennt werden, die sich leider nur zu häufig einschleichen. Verbindungen zwischen Fabrikherrn und Arbeitern können viele Vortheile gewähren, um sich über die von beiden Theilen zu beachtenden Regeln zu verständigen; um sich wegen der Abschätzung des verhältnißmäßigen Werthes verschiedener Arten der in ihrem Gewerbe vorkommenden Fabrikate zu vereinigen; theils wird auch dadurch an Zeit gespart und es werden Streitigkeiten unter ihnen vorgebeugt. Solche Vereine sind ferner auch zweckmäßig, um sich genau von der Anzahl der in den verschiedenen Abtheilungen einer Fabrik beschäftigten Arbeiter, der Höhe ihres Lohns, der Anzahl der von ihnen benutzten Maschinen und von andern statistischen Gegenständen zu unterrichten. Kenntnisse dieser Art sind sehr wichtig, sowohl als Anhaltspunkte für die dabei am meisten interessirten Parteien, als auch, um sie in den Stand zu setzen, im Falle eines etwaigen Unterstützungsgesuchs bei der Regierung, oder vorzunehmender gesetzlicher Verfügungen mit den Details versehen zu sein; indem ohne solche nicht wohl über die Zweckmäßigkeit der zu treffenden Maaßregeln entschieden werden kann. Solche Data können von Denen, die in irgend einen Theil des Geschäftes thätig eingreifen, mit weit weniger Zeitopfern gesammelt werden, als von Personen, die nicht so gut unterrichtet und auch wohl weniger dabei interessirt sind.

Eine Art von solchen Vereinigungen findet zuweilen von Fabrikbesitzern gegen Personen statt, die ein Patent

haben. Dergleichen Verbindungen sind stets eben so nachtheilig für das Publicum, als ungerecht gegen die Erfinder. Vor wenigen Jahren erfand Jemand in England eine Maschine, mit welcher Muster und Schnitzwerk in Mahagoni und andere feine Hölzer geschnitten wurden. Die Maschine hatte viel Aehnlichkeit mit den Bohrapparaten an Kunstdrehbänken, und lieferte sehr schöne, so wie billige Arbeit; allein die Kunsttischler vereinigten sich unter einander gegen diese Maschine, so daß das Patent gar nicht in Anwendung kam. Derselbe Fall fand bei einer Fournirschneidmaschine, mit Hülfe einer Art von Messern statt. Die Fournire konnten damit weit dünner, als mit irgend einer Säge geschnitten werden, und der Abgang war sehr gering; doch die genannte Zunft lehnte sich gegen die Erfindung auf, und nach vielen schweren Unkosten mußte sie aufgegeben werden. Noch auffallender ist das folgende Beispiel. Die Herren Oaks und Sohn in London erfanden im Jahre **1832** ein Verfahren, den Zuckerrohrsaft unmittelbar zu Rohzucker zu versieden, welches in Demerara mit sehr gutem Erfolg ausgeführt wurde. Der Preis des Zuckers mußte dadurch sehr fallen. Nun legte aber die englische Regierung auf Veranlassung der dadurch sehr betheiligten Zuckerraffineure eine so hohe Eingangssteuer auf diesen Rohzucker, daß die Patentinhaber nicht concurriren konnten.

Aehnliche Beispiele von solchen Verbindungen scheinen überhaupt in England nicht selten zu sein, wie sich aus dem Bericht des Parliamentsausschusses zur Untersuchung der Erfindungspatente vom Juni **1829** ergiebt.

Verbindungen unter den Arbeitern gegen die Fabrikherrn oder gegen das Publicum wirken fast immer nachtheilig auf die Arbeiter selbst zurück. Man hat viele Beispiele, in Folge deren das Publicum bei einer Erhöhung des Preises freilich für den Augenblick leidet, bei der später eintretenden Reduction aber der gewinnende Theil bleibt; während auf der andern Seite die Verbesserungen, die bei Maschinerien in Folge einer einstimmigen Kündigung der Arbeiter veranlaßt werden, gerade den Veranlassern selbst schaden. Da nun der Nachtheil für die Arbeiter und deren Familien stets bedeutender ist, als für ihre Brodherren, so ist es für das Wohl und Glück der erstern höchst wichtig, daß sie sich über diesen Gegenstand klare und deutliche Begriffe machen. Vielleicht haben einige Erläuterungen des hier aufgestellten Grundsatzes mehr Gewicht, als ein allgemeineres, wenn auch aus den bewährtesten Gesetzen der Staatswirthschaft entlehntes Raisonnement. Solche Beispiele gewähren überdieß den Vortheil, daß sie sich auf zum Theil bekannte Thatsachen beziehen.

Vor ungefähr **20** Jahren verlangten die mit Anfertigung der sogenannten Platinen in einer sehr ausgedehnten Gewehrfabrik beschäftigten Arbeiter eine Erhöhung des Lohnes. Eine solche Platine ist ein etwa **3** Fuß langer und **4** Zoll breiter Eisenstab, der jedoch an dem einen Ende dicker und breiter, als an dem andern ist. Durch das Ausschmieden solcher Stücke in den angegebenen Maaßen, durch Umbiegen derselben in eine cylindrische Form, bis sich die Kanten decken, so daß sie zusammengeschweißt werden können, wird der Gewehrlauf gebildet. Da die Forderungen der Arbeiter zu hoch waren, so wurden sie ihnen nicht gewährt. Der Director der Fabrik wendete dagegen dem

Gegenstande seine ganze Aufmerksamkeit zu. Er kam auf den Gedanken, daß, wenn es möglich wäre, die Peripherie der Walzen, zwischen denen das Eisen zu den Platinen gestreckt wird, der Länge einer Platine oder eines Gewehrlaufes gleich zu machen, und wenn ferner die Einschnitte, zwischen denen das Eisen zusammengepreßt wird und die gleich tief und breit sind, nach und nach tiefer und breiter, von einem Punkte auf der Walzenperipherie ausgehend und dahin zurückkehrend, gemacht würden; dann auch gewiß das zwischen den Walzen hindurch gehende Eisen, statt in der Breite und Dicke gleich, die erwähnte Gestalt einer Platine erhalten müßte. Man würde dann aus einem Stabe sogleich mehre mit den Enden verbundene Platinen auswalzen können. Ein gemachter Versuch gelang vollkommen. Die Handarbeit wurde bei dem Prozeß bedeutend vermindert und die Arbeiter, welche eine besondere Geschicklichkeit in Anfertigung solcher Platinen erlangt hatten, konnten fernerhin von derselben keinen Nutzen mehr ziehen.

Es ist auffallend, daß gerade bei demselben Fabrikationszweige erst vor wenigen Jahren ein anderes noch bemerkenswertheres Beispiel von der Wirkung von Auflehnungen unter den Arbeitern statt gefunden hat. Das Zusammenschweißen der Platinen zu Gewehrläufen erfordert eine große Geschicklichkeit. Nach Beendigung des letzten Krieges wurden aber, in Folge des geringern Bedarfs an Gewehren, viele der Arbeiter außer Thätigkeit gesetzt. Dieser Umstand erleichterte Verbindungen derselben, und als es sich nun traf, daß ein Contract, wegen einer bedeutenden Gewehrlieferung zu einer bestimmten Zeit, abgeschlossen worden war, so bestanden alle Arbeiter auf eine solche Lohnerhöhung, daß die Erfüllung des Contractes mit einem sehr bedeutenden Verlust verbunden gewesen wäre. In dieser Verlegenheit nahmen nun die Fabrikanten ihre Zuflucht zu einer Methode, die Läufe zusammen zu schweißen, worauf sie bereits mehre Jahre vorher ein Patent genommen hatten. Jedoch war damals der Erfolg davon nicht günstig genug, um in allgemeinen Gebrauch zu kommen, das Zusammenschweißen auf die gewöhnliche Weise mit der Hand war zu wohlfeil und es stellten sich außerdem der Anwendung auch noch andere Hindernisse entgegen. Das eigensinnige Bestehen der Arbeiter auf Erhöhung des Lohns veranlaßte aber den Patentinhaber, neue Versuche anzustellen, und es gelang ihm endlich, die Läufe unter Walzen mit großer Leichtigkeit zusammen zu schweißen, und darin solche Vollkommenheit einzuführen, daß man aller Wahrscheinlichkeit nach künftig nur sehr wenig noch das Zusammenschweißen mit der Hand anwenden wird. Der Prozeß besteht darin, die Platine in die Form eines Cylinders zu rollen und zwar so, daß sich die Kanten etwas überdecken, worauf sie in die Schweißhitze eines Ofens gebracht wird. Nachdem sie herausgenommen worden ist, wird ein eiserner Dorn oder Cylinder hineingesteckt und das Ganze in das cylindrische Caliber gesteckt, woselbst nicht allein das Zusammenschweißen, sondern auch durch ein wiederholtes Durchwalzen eine Ausreckung des anfänglich nur ungefähr einen Fuß langen Laufes erfolgt. Die Arbeiter, welche sich verbündet hatten, waren nun nicht weiter nöthig, und statt also durch ihre Verbindung Vortheile zu erlangen, waren sie durch diese Verbesserung in

der Fabrikation für immer auf einen bedeutend geringern Lohn reducirt. Bisher hatten sie wegen der besondern Geschicklichkeit und Erfahrung, die der frühere Prozeß erforderte, mehr Lohn, als andere Arbeiter in der Fabrik erhalten. Auf einer andern Seite war auch die neue Methode des Zusammenschweißens der Textur des Eisens weniger nachtheilig, indem es dabei nur einmal, bei dem früheren Verfahren wohl drei- auch viermal der Schweißhitze ausgesetzt wurde. Das Publicum gewann demnach in diesem Falle theils durch Verbesserung des Productes, theils auch durch einen geringern Preis. Aus dem neuen Verfahren entsprang auch noch ein anderer Vortheil, indem es überall bei der Anfertigung eiserner Röhren von allen Durchmessern, sowohl zur Gas-, als auch zur Dampf- und Heißwasserleitung, zur Erwärmung der Gebäude u. s. w. angewendet wird und deren Lieferung zu einem mäßigen Preise vermittelte. Aehnliche Fälle werden gewiß Allen, die sich einigermaßen mit dem Fabrikenwesen beschäftigt haben, vorgekommen sein; indeß sind die angeführten schon genügend, um die Folgen solcher Arbeiterverbindungen darzuthun. Jedoch würde es keineswegs billig sein, die aus solchen Fällen zu machenden Folgerungen bis auf's Aeußerste zu treiben. Beide angeführte Beispiele zeigen wohl klar, daß der Erfolg jener Verbindung nur dauernd nachtheilig für die Arbeiter gewesen und sie hinsichtlich des Lohns fast auf der Stelle auf eine niedrigere Stufe, als sie vorher eingenommen, versetzt hat; jedoch beweisen sie nicht, daß alle solche Verbindungen gleiche Wirkungen veranlassen. Ganz klar ist es aber, daß sie wohl alle dieselbe Tendenz haben und eben so gewiß ist es, daß es wohl einer starken Aufforderung bedarf, um Jemand zu einer neuen und kostbaren Arbeitsmethode zu vermögen, und daß in den beiden erwähnten Fällen die Verbesserung sicher nicht gemacht sein würde, hätte die Furcht vor baarem Verlust nicht den Antrieb gesteigert. Hätten daher die Arbeiter in jedem der obigen Fälle sich nur vereinigt, um eine mäßige Erhöhung des Lohns zu erlangen, so würde ihnen dieß sehr wahrscheinlich gelungen sein und das Publicum würde viele Jahre die Erfindung, zu welcher jene Bündnisse Veranlassung gegeben, entbehrt haben. Die Folge solcher Verbindungen ist demnach in diesen Fällen gewesen: für die Arbeiter — Herabsetzung ihres Lohns; für das Publicum — Ermäßigung des Preises; für den Fabrikbesitzer — ein größerer Absatz seiner Waaren, in Folge dieser Ermäßigung. Es ist indessen wichtig, die Folgen der Verbindungen auch in einer andern, weniger einleuchtenden Beziehung zu untersuchen.

Die Furcht vor Verbindungen unter seinen Arbeitern wird natürlich den Fabrikbesitzer veranlassen, den Betrag der Bestellungen, die er zu irgend einer Zeit in Händen hat, zu verheimlichen, und die Arbeiter werden daher nie erfahren, wie hoch der Bedarf ihrer Arbeiten ist, als sonst wohl der Fall sein dürfte. Dieß ist ihrem Interesse deßhalb nachtheilig, weil, statt durch allmählige Abnahme der Bestellungen die Zeit, in der sie außer Thätigkeit kommen, voraussehen und sich darauf vorbereiten zu können, sie nun einem viel plötzlicheren Wechsel, als unter andern Umständen, ausgesetzt sind. Da der Fabrikherr bei Schließung eines Contractes keine Sicherheit von Arbeiterverbindungen gegen sich hat, so ist er nächst der Vorsichtsmaaßregel, sie

von der Kenntnißnahme desselben fern zu halten, noch genöthigt, den Preis, für den er die Fabrikate unter andern Umständen liefern könnte, um ein Geringes zu erhöhen, um sich gegen ein solches Ereigniß zu sichern. Hat eine Fabrikanlage mehre, gleichzeitig zu betreibende Arbeitsabtheilungen, wie z. B. Eisenerzförderungen, Steinkohlengruben, Hohöfen, zu deren jeder bestimmte Classen von Arbeitern gehören, so ist es nöthig, bedeutende Materialienvorräthe zu halten, welches nicht erforderlich wäre, wenn der Besitzer sicher wäre, daß keine solche Vereinigungen entstehen würden. Wollten die Kohlenbergleute z. B. einen höhern Lohn erzwingen und ein Vorrath von geförderten Kohlen wäre nicht da, so würden die Hohöfen ausgeblasen und die Bergleute außer Thätigkeit gesetzt werden müssen.

Einen Erz- und Kohlenbestand in gefördertem Zustande zu halten, ist aber dasselbe, als wenn man baares Geld ungenutzt liegen läßt, ja noch mehr, denn die Steinkohlen leiden dadurch, daß sie dem Einfluß der Witterung ausgesetzt sind, ganz außerordentlich an ihrer Güte. Die Zinsen dieser Summe müssen daher als der Preis einer Versicherung gegen den möglichen Verlust, der durch ein unter den Arbeitern statt findendes Bündniß herbeigeführt werden kann, betrachtet werden. Dieß muß nun wieder in demselben Grade den Preis des fabricirten Artikels steigern und mithin den Begehr, der sonst da sein würde, verringern. Jeder Umstand aber, der die Nachfrage drückt, ist auch für die Arbeiter nachtheilig; denn je größer der Bedarf ist, desto weniger ist er Schwankungen unterworfen. Die Wirkung, welche wir hier andeuten, ist durchaus nicht blos ein theoretischer Schluß; die Besitzer eines Werkes der erwähnten Art haben immer einen auf 6 Monat reichenden Materialienvorrath, dessen Werth ungefähr 10,000 Pfund Sterling beträgt.

Von dem Einfluss von Steuern und gesetzlichen Beschränkungen auf Fabrikate.

Wenn auf einen Artikel eine Steuer gelegt wird, so werden sowohl Producenten als Consumenten allen Scharfsinn darauf verwenden, derselben so viel als möglich zu entgehen, welches oft auf vollkommen gesetzliche Weise ausführbar ist. So muß z. B. in England von allem Schreibpapier eine Steuer von 3 Pence (2 Gr.) auf das Pfund bezahlt werden. Dieselbe veranlaßt die Fabrikation einer großen Menge außerordentlich feinen Papiers, damit das Gewicht einer gegebenen Bogenzahl so gering als möglich ausfalle. Bald nach der ersten Einführung der Fenstersteuer in England, welche durch die Anzahl und nicht nach der Größe bestimmt ward, legte man in neuen Häusern weniger und größere Fenster als früher an. Man beleuchtete die Treppen durch außerordentlich lange Fenster, welche 3 bis 4 Stiegen erhellten. Als nun die Auflage erhöhet und die Größe der Fenster beschränkt wurde, wenn sie nur als eins bei der Besteuerung gelten sollten, so trug man noch mehr Sorge, so wenig Fenster als möglich zu haben und nahm häufig seine Zuflucht zur Erleuchtung von Innen.

Die Wirkungen der Steuern auf die Einfuhr fremder Fabrikate sind nicht minder bemerkenswerth. In den Vereinigten Staaten kam der seltne Fall vor, daß unverar-

beitetes Stabeisen in Stangen verschiedener Art eine Eingangssteuer von 140 Procent nach dem Werthe bezahlen mußte, während es verarbeitet nur 25 Procent zahlte. Es wurde demnach das Stabeisen, zu Eisenbahnschienen verarbeitet, eingeführt, indem der Unterschied von 115 Procent bei der Steuer die Kosten, das Eisen zu Schienen auszuwalzen, weit aufwog.

Die Beschränkung von den in einer Fabrik producirten Artikeln auf eine gewisse Größe hat in ökonomischer Rücksicht die gute Folge, daß weniger Werkzeuge zur Fabrikation erforderlich, und seltner Abänderungen in der Anordnung derselben vorkommen. Bei der Flotte folgt eine ähnliche Ersparniß aus der Eintheilung der Schiffe in eine gewisse Anzahl von Klassen, deren jede Fahrzeuge von denselben Dimensionen umfaßt, weßhalb das für ein Schiff gemachte Takelwerk für jedes andere derselben Klasse paßt.

Die Wirkung der Aufhebung eines Monopols ist oft von großer Wichtigkeit, welches vielleicht niemals bemerkbarer war, als bei der Bobbinnetfabrikation in den Jahren 1824 und 1825; sie wurden freilich durch die in jener merkwürdigen Periode herrschende Speculationswuth noch erhöhet. Eins der im Besitz des Herrn Heathcote befindlichen Patente auf eine Bobbinnetmaschine war damals gerade erloschen, während ein anderes auf Verbesserung eines einzelnen Theils solcher Maschinen noch einige Jahre gültig blieb. Dem Gebrauch des erstern Patents waren viele Vergünstigungen bewilligt worden, und es bezahlte von jedem Viertelyard Breite des mit einem Stuhl darzustellenden Fabrikats 5 Pfund Sterling jährlich, so daß also ein sogenannter Sechsviertelstuhl, d. h. ein solcher, der 6/4 Yards breiten Bobbinnet liefert, jährlich 30 Pfund Sterling Patentsteuer entrichtete. Das zweite Patent wurde im August 1823 aufgegeben, indem Verletzungen desselben statt gefunden hatten.

Die Bobbinnetmaschinen nehmen nicht viel Platz ein, und sind demnach zu häuslicher Fabrikation sehr geeignet. Da nun dieselbe bis dahin einen großen Gewinn abgeworfen hatte so konnte es nicht überraschen, wenn bei Aufhebung des durch dieses Patent begründeten Monopols eine Menge Personen ein solches Gewerbe zu ergreifen wünschten. Die bereits vorhandenen Maschinen gehörten größtentheils Fabrikanten an; allein es ergriff eine gewisse Manie alle Personen, die irgend ein kleines Kapital erwerben konnten; Fleischer, Bäcker, Pächter, Gastwirthe, Bediente, ja selbst Geistliche wollten Bobbinnetmaschinen haben.

Einige wenige Maschinen wurden gemiethet; meistentheils kaufte sich aber der Arbeiter eine Sechsviertelmaschine durch Abschlagszahlungen von 3 bis 6 Pfund wöchentlich, und Manche, welche die Benutzung der erkauften Maschinen gar nicht kannten, zahlten noch für den Unterricht 50 bis 60 Pfund. Der glückliche Erfolg der ersten Speculation dieser Art verführte Andere zur Nachfolge, und die Maschinenbauer wurden mit Aufträgen auf Bobbinnetmaschinen fast überhäuft. Der Wunsch, dergleichen zu besitzen, war so groß, daß Viele einen bedeutenden Theil oder das Ganze des Kaufpreises der Maschine bei den Mechanikern vorausbezahlten, um am Ersten bedient zu werden. Dadurch stieg ganz natürlich der Arbeitslohn der Maschinenbauwerkleute und man empfand dieß selbst in bedeutender Entfernung

von Nottingham, dem Centrum dieser Manie. Schmiede, nicht einmal im Schlichten oder Flachfeilen geübt, die aus entfernten Gegenden kamen, verdienten 30 bis 42 Schilling wöchentlich. Mit der Arbeit vertraute Feinschmiede erwarben wöchentlich 3 bis 4 Pfund Sterling.

Ein geschickter Grobschmied gewann 5 bis 6 Pfund, ja einige bis 10 Pfund wöchentlich.

Zur Anfertigung des sogenannten Gehenden Zeuges, welches am besten bezahlt wurde, benutzte man hauptsächlich die Uhrmacher aus der ganzen Umgegend, welche wöchentlich 3 bis 4 Pfund erhielten.

Die Aufsteller (setters up), Personen, welche die Theile der Maschine zusammensetzten, erhielten für ihren Beistand 20 Pfund, und eine Sechsviertelmaschine konnte in 14 Tagen bis 3 Wochen zusammengestellt werden. Es wurden daher gute Arbeiter verleitet, weniger einträgliche Zweige ihres Gewerbes zu verlassen, um dieser außerordentlichen Nachfrage zu genügen, und so fanden sich denn die Meister von mehren Metallarbeiten bald von Gehülfen entblößt, ohne den unmittelbaren Grund zu bemerken. Einige der Verständigsten mittelten ihn jedoch bald aus, begaben sich von Birmingham nach Nottingham, um die Umstände zu erforschen, welche die Grobuhrmachergehülfen von ihrem Gewerbe abbrächten und erfuhren, daß Leute, welche in Birmingham wöchentlich 25 Schilling verdient hatten, in Nottingham mit Anfertigung von Bobbinnetstühlen 40 Schilling verdienen konnten.

Als nun die Uhrmacher die Beschaffenheit dieser einträglichen Arbeit untersuchten, sahen sie ein, daß ein Theil der Bobbinnetmaschinen, welcher die Spulen hält, leicht in ihren eigenen Werkstätten angefertigt werden könne. Sie contrahirten daher mit den Maschinenbauern, die ohnehin mehr Arbeit hatten, als sie auszuführen vermochten, die Spulenschlitten zu einem Preise zu liefern, der sie in den Stand setzte, den Lohn ihrer Gehülfen hinlänglich zu erhöhen, um dieselben zu behalten, und doch selbst einen guten Gewinn daraus zu ziehen. Auf diese Weise wurde die Erbauung von Bobbinnetmaschinen erleichtert, und die Folge war nicht schwer vorauszusehen; die außerordentliche Masse von Bobbinnet, womit nun die Märkte überschwemmt wurden, drückte die Preise herab, wodurch auch die Maschinen im Werth sanken. Nur einige von den ersten Producenten machten eine kurze Zeit lang ein gutes Geschäft, aber der größte Theil derselben ward in ihren Erwartungen getäuscht, und Viele wurden ruinirt. Der geringe Preis, zu welchem das Fabrikat verkauft wurde, trug in Verbindung mit der Leichtigkeit und Schönheit der Waare noch zu Vermehrung des Absatzes bei, und zuletzt machten neue Verbesserungen der Maschinen alle ältern noch werthloser.

Die Bobbinnetfabrikation ist jetzt sehr ausgedehnt und noch fortwährend im Steigen, und da sie wahrscheinlich in der Folge die öffentliche Aufmerksamkeit mehr auf sich ziehen wird, so dürfte es interessant sein, von ihrem gegenwärtigen Zustand eine Uebersicht zu geben, wozu wir durch die von Zeit zu Zeit erscheinenden Berichte des Herrn W. Felkin zu Nottingham in den Stand gesetzt sein würden, führte uns eine solche nicht zu weit von dem eigentlichen Zweck dieses Werks ab. *

* Man findet die wichtigsten Mittheilungen aus diesen „Thatsachen und Berechnungen zur Erläuterung des gegenwärtigen Zustandes des Bobbinnetgewerbes" von Felkin, in Babbage's Werk „über Maschinen- und Fabrikwesen," aus dem Englischen von Friedenberg (Berlin 1833) S. 376 ꝛc., und in Ure „Cotton Manufacture of Great Britain etc." (London 1836), Vol. II. p. 408 etc.

Wir machen hier nun noch einige kurze Bemerkungen über Patente. — Um nämlich Erfindungen, Verbesserungen oder Einführung von Maschinen und Entdeckungen in Beziehung auf Fabrikation aufzumuntern, hat man in vielen Ländern den Erfindern oder ersten Einführern ein ausschließliches Privilegium auf eine bestimmte Zeit gewährt. Man nennt solche Monopole Patente, und sie werden nach Bezahlung gewisser Gebühren auf verschiedene Perioden, von 5 bis 20 Jahren, zugestanden.

Die folgende Uebersicht zeigt die Kosten und die Dauer von Patenten in verschiedenen Ländern.

	Pfund Sterling.	Schilling.	Dauer der Jahre.
England . . .	120	—	14
Irland	125	—	14
Schottland . .	100	—	14
Amerika . . .	6	15	14
Frankreich . . .	12	—	5
	32	—	10
	60	—	15
Niederlande . .	6—30	—	5, 10, 15
Oestreich . . .	42	10	15
Spanien, Erfinder	20	9	15
„ Verbesserer	12	6	10
„ Einbringer	10	5	6
Preußen . . .	—	10—15	5—15

Natürlich ist es von Wichtigkeit, jedem Erfinder den alleinigen Gebrauch seiner Erfindung zu sichern, bis er sowohl für die Gefahr und Kosten, die er gehabt, hinlänglich entschädigt, als auch für das angewendete Talent belohnt ist. Aber die Grade des Verdienstes sind so verschieden und die Schwierigkeiten der Gesetzgebung hierüber so groß, daß es sich beinahe als unmöglich erwiesen hat, irgend ein Gesetz abzufassen, gegen welches sich in der Praxis nicht die ernstlichsten Einwendungen machen ließen.

Die Schwierigkeit, ein englisches Patent vor irgend einem Gerichtshofe zu vertheidigen, ist sehr groß und der Beispiele, daß eine Vertheidigung erfolgreich gewesen, giebt es verhältnißmäßig nur wenige. Dieser Umstand hat einige Fabrikanten veranlaßt, ein Patent ferner nicht wie ein Privilegium zu betrachten, wodurch ihnen ein Monopolpreis sicher wäre; sondern sie verkaufen den patentirten Artikel zu einem Preise, der dem gewöhnlichen aus einem Kapitale zu ziehenden Gewinn gleichkommt, und sichern sich auf diese Weise die Fabrikation, indem kein Nebenbuhler von der Verletzung eines sehr mäßig benutzten Patentes Vortheil ziehen kann. *

Unter den für das allgemeine Wohl der englischen Fabriken beabsichtigten Beschränkungen befand sich auch eine, in Folge deren es den Arbeitern verboten wurde, außer

* Wer sich näher über die englischen Patentgesetze unterrichten will, den verweise ich auf Herrn Kleinschrod's interessantes Werk: „Großbritanniens Gesetzgebung über Gewerbe, Handel ꝛc." (Stuttgart 1836) S. 48 ꝛc. Ueber Preußens Patentgesetze siehe: „Verhandlungen des preuß. Gewerbvereins," I. 1822, S. 108 ꝛc.

Landes zu geben. Ein mit den Grundsätzen der Freiheit in so offenem Widerspruch stehendes Gesetz hätte niemals gegeben werden sollen. Doch ward es nicht eher aufgehoben, als bis die Erfahrung die Gesetzgeber von seiner Unwirksamkeit überzeugt hatte. Als nach dem letzten Kriege der erneuerte Verkehr zwischen England und dem Continente bedeutend ward, sah man die Unmöglichkeit ein, die verschiedenen Verkleidungen zu entdecken, welche den Arbeitern zu Gebote standen, und bei der Gefahr der Bestrafung ging die Wirkung des Gesetzes mehr dahin, Auswanderer von der Rückkehr abzuschrecken, als ihnen die Neigung zum Auswandern zu nehmen.

Von der Ausfuhr der Maschinen.

Es war den englischen Arbeitern nicht nur durch eine Parliamentsacte verboten, in Länder auszuwandern, in denen ihr Gewerbfleiß ihnen höhern Lohn verschaffen konnte, sondern auch die meisten Maschinen, welche sie daheim fabricirten, auszuführen. Der für dieses Verbot angegebene Grund lag in der Befürchtung, daß die Ausländer sich der verbesserten englischen Maschinen bemächtigen und so mit den englischen Fabrikanten concurriren möchten. Es war in der That die Aufopferung der Interessen einer Classe von Leuten, der Maschinenbauer, zum eingebildeten Vortheile einer andern Classe, nämlich derer, welche die Maschinen benutzen. Außer der schlechten Politik, zwischen beide Classen zu treten, ist zu erwägen, daß die Maschinenbauer weit mehr Intelligenz besitzen, als die Maschinenbenutzer, und obgleich jene jetzt nicht so zahlreich sind, so dürfen wir doch mit guten Gründen annehmen, daß, wenn die Aufhebung des Verbots, welches ihr Erfindungsvermögen drückt, zu wirken Zeit gehabt haben wird, ihre Zahl beträchtlich zunehmen, ja wohl gar einst die der Maschinenbenutzer übersteigen werde.

Die Vertheidiger dieser Verbote in England scheinen sich allzusehr auf die Möglichkeit zu verlassen, die Verbreitung der Kenntnisse neuer Vorrichtungen in andern Ländern gänzlich verhindern zu können; allein dieß ist eine viel zu beschränkte Ansicht von den möglichen, ja wahrscheinlichen Fortschritten des Maschinenwesens. Wir wollen zur Untersuchung dieser Frage beispielsweise die Lage zweier Fabrikanten desselben Artikels betrachten, von denen der Eine in einem Lande lebt, in welchem die Handarbeit sehr wohlfeil, die Maschinen schlecht und die Transportmittel langsam und kostspielig sind; während der Andere in einem Lande arbeitet, in welchem der Arbeitslohn sehr hoch, das Maschinenwesen aber vortrefflich und die Transportmittel schnell und billig sind. Sie sollen beide ihre Fabrikate nach demselben Markte senden und Jeder einen Preis erhalten, der ihm den, durch sein Kapital im eigenen Lande gewöhnlich erreichbaren Nutzen gewährt. Unter solchen Umständen läßt sich mit ziemlicher Sicherheit voraussehen, daß die ersten Verbesserungen im Maschinenwesen in demjenigen Lande eintreten werden, welches in der Civilisation am Weitesten vorgeschritten ist, weil, selbst vorausgesetzt, daß der Erfindungsgeist in beiden Ländern gleich groß sei, die Mittel zur Ausführung verschieden sind. Die Wirkung des verbesserten Maschinenwesens im reichen Lande wird am gemeinschaftlichen Markte dadurch verspürt werden, daß der

Preis des Artikels etwas fällt, und dieß giebt dem Fabrikanten des armen Landes den ersten Wink, der nun durch erhöheten Gewerbfleiß und verbesserten Haushalt in seiner Fabrik die Verminderung des Verkaufspreises zu decken sucht, bald aber erkennen muß, daß diese Abhülfe nur vorübergehend ist, indem der Marktpreis zu fallen fortfährt. Er wird nun veranlaßt, das concurrirende Fabrikat zu untersuchen, um aus dessen Zusammensetzung die verbesserte Fabrikationsmethode zu errathen. Sollte ihm dieß, was wohl meistens der Fall sein dürfte, nicht gelingen, so muß er seine eigenen Maschinen zu verbessern, oder aber Nachrichten über die in den Fabriken des reichern Landes verfertigten einzuziehen suchen. Nach einem erfolglosen Versuche, diese Nachrichten brieflich zu erlangen, entschließt er sich vielleicht, die Fabriken seiner Nebenbuhler persönlich zu besuchen. Jedoch sind solche Anstalten einem Fremden und Concurrenten nicht leicht zugänglich, und je neuer die Verbesserungen, um so schwieriger wird es werden, Zugang zu denselben zu erlangen. Sein nächster Schritt wird der sein, die verlangten Nachrichten von den, bei der Anwendung oder beim Bau der Maschinen angestellten Arbeitern zu erlangen. Ohne Zeichnungen, oder eine Untersuchung der Maschinen selbst, ist dieß ein langsames und lästiges Verfahren, abgesehen davon, daß er am Ende doch noch der Hinterlist der Arbeiter und vielen Wahrscheinlichkeiten des Fehlschlagens ausgesetzt ist. Gelingt es ihm aber auch, sich vollkommene Zeichnungen und Instructionen zu verschaffen, so muß er dann erst anfangen, seine verbesserten Maschinen zu Hause zu erbauen, was er weder so wohlfeil noch so gut als seine Concurrenten in dem reichen Lande auszuführen vermag. Nehmen wir indessen an, daß nach Verlauf von einiger Zeit die mit so vieler Mühe verbesserten Maschinen endlich vollständig und bis zum arbeitsfähigen Zustande gediehen seien.

Wir wollen nun sehen, wie es unterdessen dem Fabrikanten in dem reichen Lande ergangen ist, selbst angenommen, daß er nur einen Schritt vorwärts gemacht habe. Zuvörderst hat er einen Gewinn dadurch bewirkt, daß er den inländischen Markt zum gewöhnlichen Preise mit einem Artikel versorgte, dessen Production ihm weniger kostete; dann aber setzt er selbst den Preis auf dem eigenen und fremden Markte herab, um sich einen ausgedehntern Absatz zu verschaffen. In dieser Periode empfindet der Fabrikant des armen Landes zuerst die Wirkungen der Concurrenz, und wenn zwischen der ersten Einführung der neuen Verbesserung im reichen Lande und dem Anfange ihrer Anwendung im armen, auch nur ein Zeitraum von zwei bis drei Jahren liegt, so wird doch der Erfinder, vorausgesetzt sogar, daß er in dieser ganzen Zeit keine weitere Verbesserung angebracht habe, einen so großen Theil der erforderlich gewesenen Auslagen schon gedeckt haben, daß er eine weit größere Verminderung in Preise seines Productes vornehmen kann, wodurch der Gewinn seines Concurrenten nothwendig geringer ausfallen muß, als der seinige.

Man hat behauptet, daß bei der Erlaubniß, Maschinen auszuführen, die fremden Fabrikanten eben so gute, wie die unsrigen erhalten würden. Gegen diese Behauptung bietet das vorliegende Werk überall die Antwort dar: daß, um mit Erfolg zu fabriciren, es nicht blos nothwendig ist, gute Maschinen, sondern auch einen

höchst sorgfältig eingerichteten innern Haushalt bei der Fabrikation anzuwenden.

Die Wahrheit und Wichtigkeit dieses Prinzips ist in dem Berichte der Unterhauscommission „über die Ausfuhr von Werkzeugen und Maschinen aus England" so gut entwickelt, daß wir die dort vorgelegten Meinungen und Beweise erst mittheilen, ehe wir Herrn **Babbage's** Bemerkungen folgen lassen.

„Geben wir auch zu, daß man sich auf dem Festlande dieselben Maschinen wie in England verschaffen könnte, so geht doch die Meinung der Einsichtsvollsten unter den Zeugen dahin, daß auswärtige Fabriken durch die Mängel in ihrer Einrichtung und in der Theilung der Arbeit, ferner durch die geringere Geschicklichkeit und Ausdauer der Arbeiter und den schwachen Unternehmungsgeist der Fabrikherren, verbunden mit der verhältnißmäßigen Geringschätzung, mit der man auf dem Festlande die Fabrikherren betrachtet, dem verhältnißmäßigen Kapitalmangel und mancherlei andern, uns vortheilhaften Umständen, zu jeder umfassendern Concurrenz mit unsern größern Fabrikanten unfähig sind.* Folgendes Zeugniß über diesen Gegenstand ist der Aufmerksamkeit des Hauses nicht unwürdig."

„„Ich wünsche zu wissen, ob Sie überhaupt glauben, daß für unsere Fabrikanten eine gefährliche Concurrenz entstehen würde, wenn Frankreich mit gleich guten und gleich wohlfeilen Maschinen, als wir besitzen, versorgt würde? — Sie werden uns immer nachbleiben, bis ihre allgemeine Lebensweise sich der unsrigen nähert; ja, aus mancherlei, von uns schon früher dargelegten Gründen müssen sie uns nothwendig nachstehen.""

„„Warum müssen sie das? — Aus denselben Gründen, in Folge deren z. B. ein Baumwollenfabrikant, der Manchester vor 7 Jahren verlassen hat, auf dem Markte von den Leuten, die nun an jenem Orte leben, verdrängt werden würde; vorausgesetzt, daß seine Kenntnisse nicht gleichen Schritt gehalten mit jenen, die während dieser Zeit immerfort aus den vorschreitenden Verbesserungen, die unterdessen eingetreten sind, Nutzen zogen. In dieser vorschreitenden Kenntniß und Erfahrung besteht eben unsere überlegene Kraft, unser großer Vorzug.""

„Es muß auch noch bemerkt werden, daß die beständigen, ja fast täglichen Verbesserungen, welche in unserm Maschinenwesen selbst und in der Art der Anwendung der Maschinen eintreten, die beständige Wirksamkeit aller uns

* Dieß kann jedoch nur noch sehr im Allgemeinen gelten, denn die neuere Zeit hat bewiesen, daß auch auf dem von den Engländern lächerlicher Weise so gering geschätzten Festlande eben so großartig angelegte, als vortrefflich betriebene Fabriken vorhanden sind. Professor **Ure** zu Glasgow urtheilt in seinem weiter oben näher citirten Werke „Ueber die Baumwollenfabrikation", sowohl in der Einleitung zum ersten, als auch im Schlußcapitel des zweiten Theils ganz richtig, indem er die Concurrenz in diesem großen Fabrikationszweige als bereits existirend annimmt. In mehren andern Zweigen ist es eben so. Nur in gewissen, besonders feinern Artikeln behauptet England noch seine Ueberlegenheit. Die Fabrikation auf dem Continent greift aber immer mehr um sich. **Ure** giebt nicht zu, daß der englische Arbeiter durchaus geschickter sei und mehr leistet; und eben so nicht, daß die englischen Maschinen aller Art besser und productiver seien. Zudem sei der Ausländer durch keine Fabrikbill beschränkt; man könne daher in einer gegebenen Zeit, mit denselben Maschinen, weit mehr arbeiten.

eigenthümlichen Mittel und Vortheile voraussetzen. Es ist daher die Meinung verschiedener Zeugen, daß die Fabrikanten des vereinigten Königreichs, wegen der natürlichen und erworbenen Vortheile ihres Landes, auf Jahrhunderte hinaus den Vorzug haben würden, selbst wenn Europa jedes, gegenwärtig bei uns gebräuchliche Werkzeug, sammt dem Beistande englischer Werkleute in beliebiger Anzahl besäße. Auch sind Viele der Ansicht, daß, wenn die Maschinenausfuhr gestattet wäre, dieselbe oft in solchen Werkzeugen und Maschinen bestehen würde, welche jetzt, wenn auch bereits durch neuere Erfindungen und Verbesserungen veraltet, dennoch aus Mangel, sie los zu werden, zum Nachtheil der englischen Gewerbe und des englischen Handels noch ferner im Lande benutzt werden. Ferner ist es der Beachtung werth, und durch die Zeugnisse vollständig dargethan, daß ein solcher Zuwachs auswärtiger Nachfrage nach Maschinen der Erfindsamkeit und Geschicklichkeit unserer Arbeiter einen umfassendern Spielraum eröffnen würde. Ungeachtet der Wichtigkeit der jüngsten Verbesserungen im Maschinenwesen, müßten diese unter solchen Umständen wohl zu einem Grade anwachsen, der alles Frühere überträfe."

Aus den verschiedenen Thatsachen geht hervor, daß die unmittelbare Ausfuhr verbesserter Maschinen nicht so ganz sicher statt findet, als man gewöhnlich annimmt; daß vielmehr der mächtige Grundsatz des eigenen Interesses die Verfertiger antreibt, lieber ihren Absatz in einer andern Richtung zu erweitern.

Hat ein großer Maschinenbauer eine neue Maschine für einen besondern Prozeß erfunden, oder große Verbesserungen bei den bereits allgemein gebrauchten eingeführt, so wird er sich doch in den meisten Fällen, um sie abzusetzen, ohne Zweifel an seine nächsten und besten Kunden wenden, mit denen und deren Vermögensumständen, um einen Contract zu erfüllen, er am genausten bekannt ist. Mit diesen tritt er in Verbindung und erbietet sich zur Annahme ihrer Aufträge für die neue Maschine, und so lange er die heimische Nachfrage hinreichend findet, um alle Kräfte seiner Anlage dafür zu verwenden, denkt er nicht an Absatz nach dem Auslande. Der Maschinenbauer ist folglich selbst dabei interessirt, seinen Landsleuten den ersten Vortheil einer neuen Erfindung einzuräumen.

Diejenige Arbeiterklasse, welche Maschinen **baut**, besitzt weit mehr Geschicklichkeit und wird weit besser bezahlt als die, welche die Maschinen blos **benutzt**. Bei dem Zugeständnisse freier Ausfuhr würde jene bessere Klasse ohne Zweifel auch mehr zunehmen; denn der höhern Löhne ohnerachtet, kann doch jetzt kein Land so gute und wohlfeile Maschinen liefern, als England. Das Land würde also, zum wahren Vortheil für sich selbst als seiner Abnehmer, die ganze Welt mit Maschinen versehen können. In Manchester und in der Umgegend sind ungefähr dreißigtausend Menschen in den Maschinenfabriken beschäftigt, welche Maschinen wiederum Hunderttausenden, die sich ihrer bedienen, Lebensunterhalt gewähren, und doch ist es noch gar nicht lange her, daß die Gesammtzahl der in den Baumwollenmanufacturen beschäftigten Menschen nicht bedeutender war, als jene derer, welche jetzt Maschinen für die übrige Fabrikenbevölkerung bauen. Sollte daher England einst das große Ausfuhrland von Maschinen werden, so würde es nothwendig eine zahlreiche Klasse von Arbeitern enthalten,

für welche Geschicklichkeit ein unentbehrliches Erforderniß wäre und die in Folge dessen höhern Lohn erhielten; und obgleich seine Fabrikanten dann verhältnißmäßig an Zahl geringer sein würden, so wären sie doch ohne Zweifel die Ersten, welche aus jeder Verbesserung Vortheil ziehen könnten. Unter solchen Umständen würde eine Verminderung in der Nachfrage nach Maschinen eine Klasse treffen, die weit fähiger ist, sie zu ertragen, als diejenige, welche jetzt bei jedem Nachlaß der Consumtion der Fabrikate leidet, und das daraus entspringende Elend würde folglich einen mildern Charakter annehmen.

Die gegen die Ausfuhr von Maschinen zu machenden Einwürfe hängen von der Annahme ab, daß die Nachfrage der Welt nicht hinreichend sei, um einen großen Theil der Arbeiter eines Landes, welches zu diesem Fabrikationszweige vorzugsweise geeignet ist, zu beschäftigen. Auch hat man gefürchtet, daß, wenn andere Länder erst einmal unsere Maschinen gekauft hätten, sie aufhören würden, andere zu verlangen. In Beziehung auf den ersten jener Einwürfe mag bemerkt werden, daß jetzt England wirklich nicht Arbeiter genug für die Maschinenfabriken hat, um viel mehr als den inländischen Bedürfnissen zu genügen, und daß durch ein stufenweises Steigen der Nachfrage auch nach und nach mehr Arbeiter entstehen würden. Um den andern Einwurf zu widerlegen, verweisen wir auf die gegebene Darstellung der gewöhnlichen Fortschritte in der Verbesserung der Maschinen, die zu einer Fabrikation benutzt werden und der durchschnittlich verlaufenden Zeit, ehe diese durch solche Verbesserungen veralten.

Nähmen die auswärtigen Käufer die von Engländern neu erfundenen Maschinen nicht so bald an, als sie sich dieselben verschaffen könnten, so würden unsere Fabrikanten ihre Etablissements ausdehnen und auf den eigenen Märkten ihrer Concurrenten wohlfeiler als diese verkaufen können. Es dürfte auch eingewendet werden, es gäbe bei jeder Art von Maschinerie ein Maximum erreichbarer Vollkommenheit, über welches hinaus man unmöglich gelangen könne, und allerdings sind die spätesten Fortschritte im Vergleich zu denen, welche ihnen vorhergehen, die langsamsten; man übersehe jedoch nicht, daß solche Fortschritte meist gemacht werden, wenn die Zahl der benutzten Maschinen bereits groß und folglich ihr Einfluß auf die Productionskraft sehr beträchtlich ist. Nehmen wir aber auch an, daß irgend eine Art von Maschinen nach langer Zeit zu einem Grade der Vollkommenheit gelangen könne, der keine Hoffnung auf weitere Verbesserungen übrig ließe, so läßt sich dieß doch nicht in Bezug auf alle Arten von Mechanismen zugeben. Vielmehr ist es factisch, daß die äußerste Grenze der Verbesserung selten erreicht wird, ausgenommen in ausgedehnten Zweigen der Nationalmanufacturen, deren Zahl selbst in jetziger Zeit sehr klein ist.

Die Naturerzeugnisse, mannigfaltig und zahlreich wie sie sind, können in Zukunft die Grundlage ausgedehnter Manufacturen werden und Millionen menschlicher Wesen Leben, Unterhalt und Wohlfahrt gewähren. Allein diese stets unsern Blicken ausgesetzten rohen Schätze enthalten noch andere, werthvollere Prinzipien in sich. Alle diese, in ihren unzähligen Verbindungen, die Jahrhunderte von Arbeit und Untersuchungen nie erschöpfen kann, sind in ewiger Reihenfolge dazu bestimmt, Quellen unserer Wohlfahrt und unseres Glücks zu werden. Wissenschaften und Kenntnisse sind bei ihrer Verbreitung und bei ihrem Wachsthum Gesetzen unterworfen, welche den die materielle Welt regierenden gänzlich entgegen sind. Sie sind ungleich den Gesetzen der Anziehung der Atome, die in gewissen Entfernungen auf einander zu wirken aufhören, oder denen der Schwere, welche sehr schnell mit steigender Entfernung von dem Centralpunkte abnimmt. Je mehr wir uns dagegen von dem Anfangspunkte unserer Kenntnisse entfernen, je größer werden sie, und eine um so größere Kraft gewähren sie ihren Pflegern, um ihrem Gebiet neuen Zuwachs hinzuzufügen. Weit entfernt, daß diese unausgesetzt und reißend wachsende Herrschaft die Erschöpfung so fruchtbarer Felder jemals befürchten ließe, gelangen wir vielmehr bei jedem Schritt vorwärts auf einen höhern Punkt, von wo aus sich dem die Vergangenheit überblickenden Geiste unwiderstehlich die Ueberzeugung aufdrängt, daß alles bereits Gewonnene in einem fortwährend abnehmenden Verhältnisse zu dem steht, was von dem sich immer mehr und mehr erweiternden Horizonte unseres Wissens umschlossen wird. Wenn aber die Kenntniß der physikalischen und chemischen Eigenschaften der uns umgebenden Körper und unser, wenn auch sehr unvollständiges Wissen, von den minder empfindbaren Stoffen, dem Lichte, der Elektricität und der Wärme, wodurch jene in ihren Verbindungen auf eine geheimnißvolle Weise umgewandelt werden, dazu beitragen, uns von derselben Thatsache zu überzeugen: so müssen wir doch noch an eine andere und höhere Wissenschaft erinnern, welche, selbst noch unerschöpflicher, mit Riesenschritten vorwärts eilt, und, nachdem sie die mächtigen Massen des Universums erfaßt und ihrer Bahnen Gesetze aufgefunden, uns in ihrer bestimmten Sprache Ausdrücke gegeben hat, die als Geschichte der Vergangenheit, wie als Verkündigung der Zukunft gelten. Dieselbe Wissenschaft dehnt jetzt auch ihre Gesetze auf die kleinsten Atome aus, welche die Natur erschuf; den Aether hat sie sich fast schon unterworfen, und alle die verwickelten und glänzenden Erscheinungen des Lichts zu einem harmonischen Systeme verbunden. Es ist die Wissenschaft des Calculs, die bei jedem Schritt unseres Vorwärtsgehens immer nothwendiger wird, und die zuletzt alle Anwendungen der Wissenschaften auf die Gewerbe des Lebens beherrschen wird

Bei der Betrachtung dieser fortwährenden Vergrößerung des Gebietes menschlicher Kenntnisse könnte sich des Geistes ein Zweifel bemächtigen, ob der schwache Arm des Menschen die physische Kraft haben werde, um aus aller dieser Erkenntniß Nutzen zu schöpfen. Die Erfahrung der Vergangenheit hat dem Grundsatze: Kenntniß ist Kraft! das unzerstörbare Gepräge der Wahrheit aufgedrückt. Sie verleiht ihren Besitzern nicht blos die Macht über den Geist ihrer Mitmenschen, sondern sie selbst ist auch die Erzeugerin physischer Kraft. Die Entdeckung von der ausdehnenden Kraft des Dampfes, seiner Verdichtung und der latenten Wärme hat zu der Bevölkerung der civilisirten Welt schon viele Hände hinzugefügt. Aber die Quelle dieser Kraft ist nicht ohne Grenzen, und die Kohlenbergwerke werden endlich erschöpft werden. Allein, abgesehen von der Beobachtung, daß sich an der Mündung einiger der größten Ströme der Erde, unter dem Meeresboden, neue Lager dieses Minerals anhäufen, abgesehen von der Mög-

lichkeit der einstigen Anwendung anderer Fluids, die weniger Aufwand an Brennstoff erfordern, als das Wasser: bemerken wir nur, daß das Meer selbst eine immerwährende und bis jetzt fast unbenutzte Quelle von Kraft darbietet. Die Fluth hebt zweimal täglich eine ungeheure Wassermasse, die recht gut zum Betriebe von Maschinen benutzt werden kann, wie in England wiederholt angestellte Versuche deutlich bewiesen haben. Sollte man der Erwärmung aber auch dann noch bedürfen, wenn sie durch den erschöpften Zustand der Wälder, Stein- und Braunkohlenlager kostbar geworden sein wird, so werden gewiß lange vor dem Eintritt dieses Zeitpunktes andere Methoden zu ihrer Hervorbringung erfunden worden sein. Seit Jahrhunderten quillt mit unveränderter Temperatur heißes Wasser an verschiedenen Punkten der Erde hervor; auf der Insel Ischia braucht man diese Quellen nur um wenige Fuße zu vertiefen, so trifft man auf siedendes Wasser, und es ist kaum zu bezweifeln, daß, wenn man noch etwas tiefer bohrte, Dampf von hohem Druck aus der Oeffnung emporsteigen würde. Es ist dieß daher eine natürliche Quelle der Wärme, deren mehre über den Erdkörper verbreitet sind, da sie in der Nähe aller thätigen Vulkane vorkommen. Ob solch eine Entziehung der Wärme nach einem großen Maaßstabe nicht die Wirkung haben sollte, die Häufigkeit und die Intensität ihrer Ausbrüche zu vermindern, und ob solche Gegenden der Erde nicht die Bestimmung haben, die großen Mittelpunkte der Fabriken der Welt zu werden, müssen Zeit und Umstände entscheiden.

Schluss.

Nachdem wir nun die Grundsätze der Mechanik, welche bei der erfolgreichen Anwendung dieser Wissenschaft auf große Fabrikanlagen zum Grunde liegen, durchgegangen haben, wollen wir noch auf einige zu untersuchende Punkte hindeuten und für diejenigen, welche eine aufgeklärte Wißbegierde nach in- oder ausländischen Fabriken führt, einige Bemerkungen hinzufügen.

Es gilt fast von allen anzustellenden Untersuchungen, daß man sie unmittelbar, nachdem sie gemacht worden, niederschreiben muß, besonders wenn sie Zahlen enthalten.

Es ist häufig unmöglich, dieß noch, während man sich in der Anstalt befindet, zu thun, selbst wenn nicht der geringste Argwohn vorhanden ist, weil das sofortige Niederschreiben der mitgetheilten Nachrichten sehr störend auf die Untersuchung der Maschinen einwirkt. Es ist daher für dergleichen Fälle wünschenswerth, die etwa zu machenden Fragen schon vorher bereit zu haben und daneben für die meistens aus Zahlen bestehenden Antworten einigen Raum zu lassen. Wer dieß noch nicht versucht hat, wird erstaunen, wie viel lehrreichen Stoff man auf diese Weise, sogar bei noch so kurzer Untersuchungszeit, zu sammeln im Stande ist. Da aber jede Fabrik eine eigene Reihe von Fragen nothwendig macht, so wird man wohl daran thun, einen vorläufigen Besuch zu machen, um die Fragen aufsetzen zu können. Als Erläuterung mag der folgende, auf allgemeine Anwendung berechnete Umriß hinreichen. Um Zeit zu ersparen, ist noch anzuempfehlen, denselben gedruckt bei sich zu führen, so wie, in Form einer Brieftasche gebunden, hundert Exemplare der weiter unten folgenden Formulare für verschiedene Prozesse, nebst ungefähr zwanzig von den allgemeinern Fragen.

Allgemeine Fragen.

Umrisse zur Beschreibung irgend eines Gewerbes müssen über folgende Punkte Aufschlüsse geben.

Kurze Skizze ihrer Geschichte, besonders der Zeit ihrer Erfindung und Einführung.

Bündige Hindeutung auf die Zustände, welche die dabei benutzten Materialien bei den frühern Methoden zu durchlaufen hatten; Abstammungsorte; Preis einer bestimmten Quantität derselben.

Hier müssen der Reihenfolge nach und in Gemäßheit mit dem, weiter unten mitgetheilten Plan, die verschiedenen Prozeduren beschrieben und dann über folgende Gegenstände Erkundigungen eingezogen werden:

Werden die verschiedenen Arten des nämlichen Artikels in einer oder in mehren Anstalten angefertigt und giebt es Abweichungen in der Fabrikation?

Was für Ersatzmittel oder Verfälschungen kommen gewöhnlich vor?

Wie viel wird auf Abgang von dem Fabrikherrn gut gethan?

Wie probirt man die Güte des Fabrikats?

Gewicht oder Anzahl einer gegebenen Quantität und Vergleichung derselben mit der des rohen Materials.

Preise in der Manufactur?

Gewöhnlicher Detailpreis?

Wer schafft die Werkzeuge an? der Herr oder die Arbeiter?

Wer sorgt für die Ausbesserung derselben? der Herr oder die Arbeiter?

Wie hoch belaufen sich die Betriebskosten der Maschinen?

Wie viel wird jährlich abgenutzt und von welcher Dauer sind die Maschinen?

Ist die Anfertigung der Maschinen ein besonderes Gewerbe? Wo werden sie erbaut?

Werden sie in der Fabrik selbst angefertigt oder ausgebessert?

Beim Besuch einer jeden Fabrik ist die Zahl der Prozesse, die Zahl der bei jedem einzelnen Prozesse angestellten Personen, so wie die Größe der Fabrikation anzumerken.

Ferner die ungefähre Größe des bei der Fabrik angelegten Kapitals;

Die vorzüglichsten Fabrikplätze für dieses Fabrikat. Zeichnet sich das Ausland darin aus, so merke man sich wo?

Die Zölle, Steuern und sonstigen Abgaben, wenn solche erhoben werden, sind anzumerken; auch etwanige frühere Abänderungen, so wie der Betrag der durchschnittlichen Ein- und Ausfuhr in einer gewissen Reihe von Jahren.

Ob derselbe Artikel eingeführt werde, und ob er von besserer gleicher oder geringerer Güte der Fabrikation ist?

Exportirt der Fabrikant sein Fabrikat selbst, oder verkauft er es an einen Vermittler, der wieder die Händler damit versieht?

Wohin wird die Waare hauptsächlich verführt, und aus welchen Artikeln besteht die Rückfracht?

Jeder Prozeß erfordert ein besonderes Formular; das folgende dürfte für viele verschiedenartige Fabriken genügen:

Prozeß ( ) Fabrik ( )
Ort ( ) Name ( )
Datum 183

Art und Weise der Fabrikation, nöthigenfalls nebst Skizzen der Werkzeuge und Maschinen.

Anzahl der zur Bedienung der Maschinen erforderlichen Personen.

Bestehen die Arbeiter aus Männern ( ), Weibern ( ), oder Kindern ( )? Angabe des Verhältnisses, wenn das Arbeiterpersonal gemischt ist.

Wie viel Lohn erhält ein Jeder?

Männer:	Rthlr.	Ggr.	Pf.
Weiber:	„	„	„
Kinder:	„	„	„

per Tag oder per Woche.

Wie viel Stunden ( ) arbeiten sie täglich?

Wird die Arbeit stückweis oder nach Tagewerken verrichtet?

Wer schafft die Werkzeuge an? der Herr oder die Arbeiter? Wer sorgt für deren Ausbesserung? der Herr oder die Arbeiter?

Welcher Grad der Geschicklichkeit ist erforderlich und wie viel Jahre ( ) Lehrzeit?

Wie oft wird die Operation in einem Tage oder in einer Stunde wiederholt? ( )

Wie oft mißlingt sie in tausend Malen?

Wer ersetzt den durch das Zerbrechen oder Beschädigen der Artikel entstehenden Verlust, die Arbeiter oder der Herr?

Was macht man mit den beschädigten Artikeln?

Wird der Prozeß mehrmals wiederholt, so ist auch die Ab- und Zunahme des Maaßes und der etwanige Verlust bei jedesmaliger Wiederholung anzumerken.

Bisweilen sind in dergleichen Formularen die Antworten sogleich daneben gedruckt, wie z. B.: Wer besorgt die Ausbesserung der Werkzeuge? Herr, Arbeiter. Die richtige Antwort braucht alsdann nur mit Bleifeder unterstrichen zu werden. Bei der Ausfüllung der aus Zahlen bestehenden Antworten muß man sehr auf seiner Hut sein. Steht z. B. der Beobachter mit der Uhr in der Hand vor einer Person, die Köpfe auf die Nadelschäfte setzt, so darf man es fast als gewiß annehmen, daß sie rascher als gewöhnlich arbeiten wird, so daß die Schätzung zu hoch ausfallen wird. Ein weit besseres Durchschnittsmaaß ergiebt sich, wenn man sich nach dem Betrage einer vollen Tagearbeit erkundigt. Kann dieß nicht angegeben werden, so läßt sich die Anzahl der in einer gegebenen Zeit ausgeführten Operationen häufig dann ermitteln, wenn der Arbeiter nicht wahrnimmt, daß man ihn beobachtet. So kann der Schall, den die Bewegung eines Webestuhls macht, den Beobachter, selbst wenn er sich gar nicht in dem Fabrikgebäude befindet, in den Stand setzen, zu zählen, wie viel Schläge in der Minute geschehen.

Oft lassen sich auch manche Antworten, statt sie direct zu erfragen, durch eine kurze Berechnung nach den erhaltenen oder bereits bekannten Angaben selbst finden, und solche Berechnung sollte man stets dazu benutzen, um sich von der Genauigkeit der Angaben zu überzeugen, oder, wenn sich dieselben widersprechen, die scheinbare Abweichung auszugleichen. In manchen Fällen aber sollte man sich erst von der gesunden Urtheilskraft derjenigen überzeugen, denen man, um durch sie Erkundigungen einzuziehen, dergleichen Fragelisten anvertraut. Die Fragen lassen sich nämlich so stellen, daß die Beantwortung einiger zugleich eine indirecte Beantwortung der andern enthalte, und es kann daher eine oder die andere Frage in die Liste eingeschoben werden, deren Beantwortung auf Umwegen zu ermitteln ist; was beiläufig nicht ohne feinen Nutzen ist, wenn wir den Grad von Scharfsinn kennen lernen wollen, den wir selbst besitzen. Ehe man mißt oder zählt, mache man eine ungefähre Schätzung der beobachteten Gegenstände, welches viel zur Schärfung der Aufmerksamkeit und der Urtheilskraft beiträgt.

Erster Theil.

Maschinenwesen.

Erstes Capitel.

Von den bewegenden Kräften im Allgemeinen.

Um den in der vorhergehenden Einleitung dargelegten Plan zu verfolgen, ist es nöthig, daß, ehe wir die Verfahrungsarten in den verschiedenen Fabriken beschreiben, wir die Grundprinzipien der Maschinen, durch welche die Operationen von jenen geleitet werden, so wie auch die übrigen allgemein angewendeten Maschinen beschreiben und erläutern. Denn es ist klar, daß, wenn wir die einfachen Maschinen nicht gehörig verstehen, es unmöglich sein muß, ihre Operationen in den zusammengesetzten und verwickelten Formen, in denen sie in den zu beschreibenden Fabriken angewendet werden, zu begreifen.

Bei den Alten wurde der Ausdruck Maschine*) von jedem Werkzeuge zur Verfertigung irgend eines Gegenstandes, zur Ausführung irgend einer Arbeit gebraucht; bei uns hat derselbe eine eingeschränktere Bedeutung, ist aber immer nicht fest bestimmt. Die beste Definition von Maschine, in Beziehung auf Fabriken- und Manufacturwesen, scheint die zu sein: eine Construction, mittelst welcher verschiedene mechanische Kräfte in der Absicht mit einander verbunden werden, um eine bestimmte Wirkung hervorzubringen. Diese besteht bei jeder Maschine darin, daß eine gewisse, an einem Theil — dem Angriffspunkt — angebrachte Kraft, auf einen andern Theil, der eine mechanische Operation ausführen soll, übertragen wird. Wir wollen daher zuvörderst die Natur der Kräfte, durch welche Bewegung mitgetheilt wird und die wir im Allgemeinen bewegende Kräfte nennen, — zweitens derjenigen Kräfte, welche bei der unvollkommenen Beschaffenheit der Maschinen das Bestreben haben, die Bewegung zu hindern und ihr entgegen zu wirken, und die daher retardirende Kräfte oder Hindernisse der Bewegung genannt werden — und zuletzt solcher Kräfte, welche angebracht werden, um die aus der veränderlichen Differenz der beiden erstern entstehende Bewegung zu modificiren und zu reguliren, und die daher regulirende Kräfte genannt werden mögen — untersuchen.

Die bewegenden Kräfte können in folgende fünf Klassen getheilt werden:

1) Die Muskelkraft der Menschen.
2) Die Muskelkraft der Pferde und andern Thiere.
3) Die Kraft oder Stärke des Windes.
4) Das Gewicht und die bewegende Kraft des Wassers.
5) Die Expansivkraft und die plötzliche Verdichtung des Dampfes.

Um eine Vergleichung zwischen den aus diesen verschiedenen Ursachen der Bewegung hervorgehenden Wirkungen anzustellen, ist es wenigstens zweckmäßig, wo nicht nothwendig, ein gemeinschaftliches Normalmaaß, oder eine bestimmte dynamische Einheit festzusetzen. In England gebraucht man dazu eine Pferdekraft, und man wollte vielleicht Anfangs die mittlere Wirkung eines Pferdes damit ausdrücken. Mehre neuerlich in England mit großer Sorgfalt angestellte Versuche haben jedoch ganz entschieden dargethan, daß die Nominalpferdekraft die wirkliche Kraft des stärksten Pferdes, wenn es Tag für Tag fortarbeitet und weit mehr noch die mittlere Kraft der Pferde, weit übertrifft. Indessen ist dieß unwesentlich und wir verstehen hier unter Pferdekraft eine Kraft, mag sie nun aus einer Quelle entstehen, welche sie wolle, die im Stande ist 33,000 englische Pfunde (26,320 Cöln. Pfunde) in einer Minute einen Fuß hoch zu heben, oder genauer noch eine solche

*) Die Engländer gebrauchen häufig statt Machine das Wort Engine, im Allgemeinen synonym und willkührlich, hin und wieder z. B. bei Steam-Engine — Dampfmaschine — und bei solchen, deren Operationen sehr genau sein müssen, ausschließlich.

Kraft, daß das von ihr in einer Minute gehobene Gewicht, multiplicirt mit der Anzahl der Fuße, auf die es gehoben worden, die obige Zahl 33,000 giebt, jeden Widerstand, mit Ausnahme der Belastung selbst, unberücksichtigt gelassen. Diese Unterscheidung führt uns zu einer andern Betrachtung, namentlich zu der des Maximums einer Pferdekraft zu mechanischem Nutzeffect. Wenn wir annehmen, daß 33,000 Pfund, einen Fuß hoch in einer Minute gehoben, eine Pferdekraft ist, so ist es einleuchtend, daß zur Hebung dieser Last ohne Maschinenkraft, die Muskelkraft der Thiere überall nicht ausreicht. Auf der andern Seite aber, 1 Pfund 33,000 Fuß hoch zu heben, ist nicht in Uebereinstimmung mit der thierischen Geschwindigkeit. Die Zahl 33,000 muß daher in zwei Factoren getheilt werden, von denen der eine das Gewicht in Pfunden und der andere die Anzahl der Fuße, die in der Minute gehoben werden können, ausdrückt, so daß das Product beider die verlangte Zahl hervorbringen kann und zwar auf solche Weise, daß beide, das Gewicht und die Geschwindigkeit, am besten der Thierkraft angepaßt sind.

Aus einer Reihe sehr sorgfältig angestellter Versuche geht hervor, daß die Geschwindigkeit, mit welcher sich ein Pferd bei Leistung des höchsten mechanischen Effects bewegen kann, 220 Fuß in der Minute beträgt, bei welchem Verhältniß nach der obigen Annahme einer Pferdekraft, der zu überwindende Widerstand oder das Gewicht 150 Pfund betragen wird. Aus den Beobachtungen über den Widerstand, den die Kanalböte leisten, die häufig in der obigen Geschwindigkeit, d. h. $2^1/_2$ englische Meile oder etwas mehr als eine halbe deutsche Meile in einer Stunde gezogen werden, scheint jedoch zu folgen, daß ein Pferd mit Vortheil nur 100 Pfund Last zu überwinden vermag und daß bei derselben und bei einer Geschwindigkeit von einer halben Meile in der Stunde, oder 220 Fuß in der Minute, oder $3^2/_3$ Fuß in der Secunde, der beste Effect erreicht wird. Es scheint demnach, daß die wirkliche mittlere Pferdekraft 22,000 Pfund, 1 Fuß hoch in einer Minute gehoben, gleich erachtet werden müsse.

Um zu zeigen, welche große Ersparniß bei Anwendung der Pferde durch ein Verhältniß der Geschwindigkeit und der zu überwindenden Kraft zu der Beschaffenheit der thierischen physikalischen Kräfte erlangt wird, können wir durch das Beispiel der sehr schnell gehenden englischen Landkutschen anführen. Die Besitzer derselben halten es für nothwendig, auf jede englische Meile ein Pferd zu nehmen, um den Wagen hin und her zu ziehen, d. h. auf einer Strecke von 80 englischen Meilen (14 Meilen engl. = 3 Meilen preuß.) werden 80 Pferde angewendet, auf einer Strecke von 100 Meilen 100 Pferde u. s. f., so daß, die Ruhe mit berücksichtigt, jedes Pferd täglich nur 8 engl. (1,7 preuß.) Meilen macht. Ferner wird das mittlere Gewicht solcher Wagen mit Personen und Gepäck zu ungefähr 4200 englischen Pfunden angenommen und der Widerstand auf den besten englischen Kunststraßen beträgt ungefähr $^1/_{30}$ von der gezogenen Last, so daß die zur Ueberwindung des von einem solchen Wagen geleisteten Widerstandes erforderliche Kraft 140 Pfund beträgt. Um dieß zu bewirken, sind vier Pferde erforderlich, von denen folglich jedes eine Kraft von 35 Pfund auszuüben hat. Das Maaß einer täglichen Pferdekraft ist daher 35 Pfund $\times$ 8 engl. Meilen = 280, wenn die Pferde

sich mit einer Geschwindigkeit von 10 engl. (2,14 preuß.) Meilen in einer Stunde bewegen. Wenn man dahingegen die Geschwindigkeit auf $2^1/_2$ engl. Meilen in der Stunde reducirt, so wird das Pferd im Stande sein, 100 Pfund zu ziehen und 8 Stunden lang oder 20 engl. Meilen zu arbeiten. Wir haben daher als Maaß seines Tagewerks in dem Verhältniß dieser Geschwindigkeit 100 Pfund $\times$ 20 Meilen = 2000, welches mehr als das Siebenfache von dem mechanischen Effect, der bei einer Geschwindigkeit von 10 Meilen in der Stunde hervorgebracht worden, ist. Bei dem hier angeführten Beispiel einer sehr schnell gehenden Landkutsche ist der Verlust an Kraft, um Geschwindigkeit zu gewinnen, unvermeidlich; bei einer Roßmühle oder einem Pferdegöpel aber, wo wir es in unserer Gewalt haben, die Geschwindigkeit zu wählen, ist der Vortheil, auf die Fähigkeit der Thiere zu achten, hinlänglich einleuchtend. In der zweiten Abtheilung dieses Theils, in der wir von den Eisenbahnen handeln, kommen wir auf den Gegenstand zurück.

Nach diesen kurzen Bemerkungen über die dynamische Einheit, so wie sie hauptsächlich von den englischen Mechanikern angenommen worden und wie sie sehr zweckmäßig zum praktischen Gebrauch ist; nachdem wir ferner von dem Ueberschuß dieser Einheit über diejenige, welche sie darstellen soll, geredet haben, müssen wir nun zeigen, wie viel eine durch Pferdekräfte bezeichnete Maschine, wenn sie durch Dampf, Wasser u. s. w. betrieben wird, die Anzahl der Pferde übersteigt, welche angewendet werden müßten, um dieselbe Wirkung in 24 Stunden, indem sie Tag und Nacht arbeiten, hervorzubringen. Nehmen wir eine Dampfmaschine von 10 Pferdekräften als Beispiel; wir haben gesehen, daß eine künstliche Pferdekraft, so wie wir sie hier angenommen haben, durch 33,000 ausgedrückt wird; daß ferner die wirkliche mittlere Kraft eines Pferdes, soll es unter den vortheilhaftesten Bedingungen arbeiten, nicht höher als 22,000 angenommen werden kann; daß erstere 24 Stunden hinter einander und letztere nur 8 Stunden hinter einander zu arbeiten vermag. Wir erhalten alsdann die folgenden Zahlen, um die relativen Wirkungen auszudrücken; nämlich für die Maschine 33,000 Pfund $\times$ 24 Stunden $\times$ 10 Pferde = 7,920,000, und in dem andern Fall, wo fortwährend Pferde benutzt werden, 22,000 Pfund $\times$ 8 Stunden $\times$ 10 Pferde = 1,760,000; daher 176 : 792 = 10 : 45. Wenn daher eine Dampfmaschine von 10 Pferden Nominalkraft Tag und Nacht im Betriebe erhalten wird, so würden 45 Pferde erforderlich sein, um dieselbe Wirkung in derselben Zeit auszuführen. Berücksichtigt man den Aufenthalt, das Schmieren u. s. w., so ist jede Nominelpferdekraft bei einer Dampfmaschine, wenn sie Tag und Nacht arbeitet, gleich 4 Pferden, wenn sie 12 Stunden im Betriebe ist, gleich 2 Pferden, und wenn sie 8 Stunden täglich umgeht, gleich $1^1/_2$ Pferden. Dieß ist eine sehr wichtige Rücksicht, wenn wir bei der Auswahl der bewegenden Kräfte besonders auf die Ersparung unser Augenmerk richten.

Bei der Erklärung und Erläuterung der dynamischen Einheit oder Pferdekraft sind wir auf den Betrag einer wirklichen Pferdekraft gelangt, obwohl, wenn wir systematisch verfuhren, wir zuerst von der Menschenkraft reden

mußten. Die Versetzung war übrigens gewissermaßen unvermeidlich.

Muskelkraft der Menschen als bewegende Kraft. — Ueber die Muskelkraft der Menschen als bloße Quelle mechanischer Wirksamkeit, sind von Desaguliers, Smeaton und Andern Versuche angestellt. Die Resultate solcher Versuche sind sehr verschieden, weil die Menschen nicht allein in ihrer absoluten Muskelkraft sehr verschieden sind, sondern auch in der Fähigkeit, sie auf verschiedene Weise anzuwenden. An der Winde kann ein Mann eine weit größere Kraft ausüben als ein anderer; läßt man aber dieselben Leute rudern, so kann das Umgekehrte statt finden. Bildet dagegen der zu durchgehende Raum einen Theil von der Anstrengung, wie dieß z. B. der Fall ist, wenn Sand oder Schutt von einem Ort zum andern geschafft werden müssen, so finden wir, daß hierbei mancher Mensch eine bedeutende Kraft entwickelt, der in den genannten Fällen nur wenig wirkt. Daher dürfen wir kaum erwarten, irgend ein bestimmtes Maaß von der menschlichen Kraft zu bekommen, wenn wir sie als eine bloße Quelle von mechanischer Wirksamkeit betrachten. Smeaton hat mittelst einer durchschnittlichen Annahme von mehren Beobachtungen gefunden, daß fünf gute englische Arbeiter ungefähr so viel leisten können als ein Pferd. Dieß muß aber als die wirkliche und nicht als die nominelle Einheit angesehen werden. Die Kraft eines Mannes ist daher eine solche, mit der man im Stande ist, in einer Minute 4400 Pfund 1 Fuß hoch zu heben, oder in einer Minute 30 Pfund 146 Fuß hoch. Wir wissen wohl, daß dieß weniger als das ist, womit zuweilen die Kraft eines Menschen ausgedrückt worden; allein da Smeaton's Versuche das Verhältniß zwischen der wirklichen Kraft eines Menschen und eines Pferdes durch 1 zu 5 ausgedrückt hat, und die Pferdekraft nur zu 22,000 gefunden worden ist, so kann die eines Menschen nicht mehr als die angegebene sein. Einige Mechaniker nehmen auch das Verhältniß zwischen der Kraft eines Mannes und eines Pferdes wie 1 zu 6 an und drücken jene durch 3600 aus, allein dieß ist jedenfalls irrig. Viel hängt übrigens von der Beschaffenheit der Kraftäußerung ab, und ob der Mann daran gewöhnt ist, die Kraft auf die erforderliche Weise anzuwenden.

Es ist fast unmöglich, ein Pferd als bewegende Kraft ohne Platzveränderung anzuwenden, d. h., ohne daß es vermocht wird, sich durch einen gewissen Raum zu bewegen, und wir sahen, daß, um die größte Wirkung hervorzubringen, dieser Raum täglich 20 engl. (4,3 preuß.) Meilen betragen müsse. Nun ist aber die bloße Anstrengung des Durchlaufens von diesem Raum ohne irgend ein Ziehen ein großer Abzug von seiner absoluten Kraft. Dasselbe findet bei dem Menschen statt, wenn mit seiner Anstrengung Veränderung des Orts verbunden ist; alle bei der Bewegung seines Körpers über diesen Raum angewendeten Muskelkräfte gehen von der mechanischen Wirkung verloren, und wirklich hat man gefunden, daß ein Mann die größten Leistungen erfüllt, wenn er auf einem Platze bleibt, wie an der Winde und am Ruder; denn obgleich er sich in dem letztern Fall wirklich von einem Platz zum andern bewegt, so geschieht dieß doch nur mit geringer Anstrengung der Muskeln. An der Winde ist die einzige nicht wirksame Muskularanstrengung die des Hebens von dem Schwerpunkt

des Körpers von der niedrigsten, gebückten zu der aufrechten Stellung. Beim Rudern besteht sie darin, dem Körper von einer nach hinten geneigten Lage in dieselbe nach vorwärts zu bringen und da sie geringer ist, als bei der vorhergehenden, so ist der Mensch im Stande, bei dieser Art der Kraftäußerung mehr Nutzeffect zu produciren, als in jeder andern. Die nächste beste Methode der Kraftäußerung ist die an der Winde und die dann folgende an der Ankerspille oder Ankerwinde; denn obgleich hierbei eine bedeutende Ortsveränderung obwaltet, so hat doch der Angriff der Muskelkraft eine vortheilhafte Richtung und da die Lichtung hoch und die Dauer der Anstrengung gering ist, so giebt es vielleicht keine andere Weise der vortheilhaften Anwendung der menschlichen Muskelkraft.

Eine Art der Anwendung der menschlichen Kraft bei gezwungener Arbeit giebt das Tretrad, welches wir weiter unten näher kennen lernen werden. Wir bemerken hier nur, daß die erforderliche Anstrengung darin besteht, daß der Mensch fortwährend sein eigenes Gewicht hebt. Wir dürfen daher im Durchschnitt annehmen, daß er ein Gewicht von 140 oder 150 Pfund heben müsse, wogegen wir gesehen haben, daß der stärkste Nutzeffect hervorgebracht wird, wenn der Mensch ungefähr nur 30 Pfunden entgegenwirkt. Obwohl nun bei dieser Maschine keine Kraft durch eine Ortsveränderung verloren geht, so gewährt sie dennoch eine sehr unvortheilhafte Anwendung der menschlichen Kraft, da ihre Belastung das Maximum der Wirkung um das Fünffache übersteigt. Dennoch aber ist die Arbeit für den Faulen und Liederlichen sehr zweckmäßig.

Dieß sind die hauptsächlichsten Fälle, in denen die Muskelkraft der Menschen als bewegende Kraft angewendet wird, ausgenommen dann, wenn die erforderliche Kraft zu gering ist, so daß keine weitere Hülfe erforderlich, oder wenn zu der Operation sowohl Geschicklichkeit als Kraft nöthig ist. Es scheint aus dem Gesagten hervorzugehen, daß der Mensch von seinem Schöpfer zu einer höhern Wirksamkeit bestimmt ist — zur Anwendung seiner Geschicklichkeit und Erfindungsgabe; um die Wirkungen der Thiere, der Luft, des Wassers und des Feuers sich zu unterwerfen und nur dann, wenn Geschicklichkeit und Leitung erforderlich ist, muß er selbst ein mechanisches Agens werden.

Der Wind als bewegende Kraft. — Von allen mechanischen Agentien ist der Wind das unbezwingbarste, das unsicherste, und seine Wirkungen sind am schwierigsten zu bestimmen, nicht wegen irgend etwas Geheimnißvollen in der Beschaffenheit seiner Wirkung, sondern nur wegen seiner natürlichen Veränderlichkeit. Wenn wir die Geschwindigkeit des auf einen dadurch zu bewegenden Körpers reguliren könnten, so würde es keine Schwierigkeit haben, seine Wirkung im Vergleich zu andern Kräften zu reduciren, allein sein ewiger Wechsel, nicht allein in der Richtung, sondern auch in der Kraft, macht dieß fast unmöglich. Könnte die Geschwindigkeit bestimmt werden und bliebe sie constant, so ließe sich der Druck des Windes auf irgend eine gegebene Fläche leicht berechnen, indem er dann gleich wäre dem Gewicht einer Luftsäule von atmosphärischer Dichtigkeit und von solcher Höhe, daß ein von derselben herabfallender schwerer Körper die gegebene Geschwindigkeit annehmen würde. Verhält sich nun die mittlere Geschwindigkeit der

Luft zu der des Wassers $= {}^1/_{800} : 1$, so können wir leicht den Druck in Pfunden avoir du pois (1 Pound avoir du pois = 16 Ounces = 31,018 Cölnische Loth) auf 1 Quadratfuß Oberfläche und daher den Druck für jede Oberfläche bestimmen. Es sei v die Geschwindigkeit in Fußen in der Secunde, so bezeichnet g $16^1/.$ Fuß den Raum, welchen ein schwerer Körper in einer Secunde durchfällt. Wir haben alsdann $v = 2\sqrt{gs}$ oder $s = \frac{v^2}{4g}$ für die Höhe der Luftsäule, deren Druck oder Gewicht auf den Quadratfuß (den Kubikfuß Wasser zu $62^1/_2$ Pfund angenommen) daher sein wird $p = \frac{62^1/_2 \, v^2}{3200 \, g}$ Pfund. Jedoch scheint diese theoretische Ableitung nicht mit der wirklichen Beobachtung übereinzustimmen, sobald die Geschwindigkeiten beträchtlich sind, wovon die Ursache wahrscheinlich in der elastischen Beschaffenheit der Luft zu suchen ist; und da unsere Untersuchungen hier mehr praktisch als theoretisch sind, so müssen wir uns mit der Angabe des wirklich beobachteten Druckes auf einen Quadratfuß Oberfläche und bei verschiedenen Geschwindigkeiten nach Smeaton begnügen.

Engl. Meilen in 1 Stunde.	Fuß in der Secunde.	Druck auf den Quadratfuß in Pfunden.
1	1,47	0,005
2	2,93	0,020
3	4,40	0,044
4	5,87	0,079
5	7,33	0,123
10	14,67	0,492
15	22,00	1,107
20	29,34	1,968
25	36,67	3,075
30	44,01	4,429
35	51,34	6,027
40	58,68	7,873
45	66,01	9,963
50	73,35	12,300
60	88,02	17,715
80	117,36	31,490
100	146,70	49,200

Nachdem wir auf diese Weise die senkrechte Kraft des Windes auf eine gegebene Oberfläche kennen gelernt, haben wir nun noch die Art und Weise zu betrachten, wie man ihn zu mechanischen Zwecken benutzen kann. Es geschieht dieß gewöhnlich durch Windmühlenflügel, die in schiefer Richtung zu der Ebene ihrer Bewegung und zu der Richtung des Windes stehn, so daß, wenn der Wind darauf stößt, seine Kraft in zwei Kräfte zerlegbar ist, die eine nach der Richtung der Bewegung der Flügel und die andere senkrecht darauf. Mittelst der erstern wird die rotatorische Bewegung und die Wirkung hervorgebracht. Hier entsteht dann die andere Frage, nämlich, welches der Winkel sein müsse, unter welchem die Flügel zu stellen sind, um die beste Wirkung hervorzubringen? Hätten wir nur den Winkel zu bestimmen, unter welchem die Flügel gestellt werden müßten, um den größten Impuls von dem Winde rechtwinklig

auf seine Richtung zu erlangen, angenommen daß die Flügel in Ruhe befindlich sind, so müßten wir 45° finden; allein dieser Winkel würde nicht die größte Geschwindigkeit geben; um diese zu erreichen, muß der Winkel ungefähr 55° betragen. Jedoch kann keiner von diesen Winkeln die größte mechanische Wirkung geben. Bei der Windmühle ist, wie bei allen andern Maschinen, eine gewisse Geschwindigkeit, die einem gewissen Gewicht entgegenwirkt, erforderlich, um die größte Wirkung hervorzubringen. Man erlangt diese im Allgemeinen weit besser durch wirkliche Versuche, als durch theoretische Deductionen, wie werthvoll die letztern auch bei der Leitung der ersten experimentellen Untersuchungen sein mögen. Wir werden hierüber einige Bemerkungen bei der Beschreibung dieser wichtigen Maschine mittheilen, indem wir hier nur eine allgemeine Erläuterung von der Beschaffenheit des Windes als bewegende Kraft geben können. Die Neigungswinkel der Flügel, ihre Größe, Gestalt und allgemeine Einrichtung, werden auch bei den Windmühlen selbst abgehandelt.

Wasser als bewegende Kraft. — Das Wasser wirkt entweder durch sein Gewicht allein, oder durch seinen Stoß allein, oder durch beide im Verein, oder durch seinen Druck als bewegende Kraft. In den erstern Fällen wirkt es gewöhnlich blos durch Räder, in letzterm Falle erfolgt seine Wirkung auf einen Kolben.

Die Beschaffenheit seiner Wirkung auf verschiedene Räder in diesen verschiedenen Fällen wird weiter unten, in dem Capitel von den Wasserrädern, speciell beschrieben werden; hier wird es hinreichend sein, den allgemeinen Charakter der Wirksamkeit des Wassers zu erklären. In dem erstern Fall ist die Peripherie des Rades mit einer Reihe von Schaufeln versehen, deren Gestalt und Anzahl an dem erwähnten Orte erklärt werden wird. Die Schaufeln nehmen das Wasser über dem Mittelpunkt oder über der Welle des Rades auf, und da dieß dadurch auf dieser Seite schwerer wird, so erfolgt eine Bewegung, und da frische Schaufeln in die besondere Höhe gelangen, um Wasser aufzunehmen, während sich die unten befindlichen entleert haben, so entsteht ein fortwährendes Bestreben nach Bewegung und folglich eine Umdrehung. Auf manche Räder dieser Art fällt das Wasser von einer gewissen Höhe in die Schaufeln an dem obersten Punkte des Rades, und wirkt zuvörderst durch den Stoß und dann durch das Gewicht. Man nennt die Räder dieser Art oberschlächtige.

Wirkt das Wasser nur durch seinen Stoß, so ist der Umkreis des Rades nicht mit verschlossenen Schaufeln oder Zellen, sondern nur mit solchen Schaufeln versehen, gegen welche es stoßen kann. Ist nun der Stoß des Stroms noch durch einen Fall desselben vermehrt, so wird das Rad umgetrieben, und die Kraft wird jeder zu bewegenden Maschine mitgetheilt. Räder dieser Art nennt man unterschlächtige. Sie erfordern bei weitem mehr Wasser als die oberschlächtigen und müssen daher breiter gemacht werden.

Wenig von den oberschlächtigen verschieden sind die mittelschlächtigen Räder, bei denen das Wasser an einer zwischen dem obern und untern Theil des Umkreises liegenden Stelle auffällt. Sie erfordern aber ebenfalls eine

größere Wassermenge zur Bewegung; auch giebt man ihnen gewöhnlich etwas mehr Breite, damit durch die Quantität des auffallenden Wassers das wieder ersetzt werde, was durch Verminderung der Druckhöhe verloren geht.

Die obigen sind die hauptsächlichsten Methoden, in denen das Wasser als bewegende Kraft wirkt und unser Gegenstand hier ist nur der, so weit als es uns möglich ist, die Stärke der Wirkung in irgend einem gegebenen Fall in Ausdrücken unserer dynamischen Einheit, oder in Pferdekräften, zu bestimmen. Unglücklicher Weise ist dieß aber nicht sehr leicht, oder wenigstens durchaus nicht genügend auszuführen.

Wenn das Aufschlagewasser für ein oberschlächtiges Rad seine ganze Wirkung leistete, so würden wir sogleich im Stande sein, die Größe dieser Wirkung in Pferdekräften auszudrücken; allein unglücklicher Weise findet noch eine große Unsicherheit in dem Verhältniß zwischen dem wirklichen Quantum der Aufschlagewasser und benutzten Wassermenge, und der mechanischen Wirkung, die es unter verschiedenen Umständen hervorbringt, statt. Dieselbe Bemerkung läßt sich auch auf die unterschlächtigen und mehr noch auf die mittelschlächtigen anwenden. Aus verschiedenen Versuchen des Hrn. Smeaton scheint hervorzugehen, daß bei den oberschlächtigen Wasserrädern das Verhältniß zwischen der Kraft und dem Maximum der Wirkung, von dem von 10 zu 7,6 bis zu dem von 10 zu 5,2 oder fast von 4 zu 3 bis 4 zu 2, verschieden ist. Das erstere Verhältniß gehört zu den Fällen, in welchem die Menge des benutzten oder des sogenannten Aufschlagewassers die geringste, das letztere zu denen, in welchem das meiste Wasser vorhanden war. Smeaton nimmt daher an, daß das Verhältniß von 3 zu 2 ein mittleres zwischen der Kraft und dem Nutzeffect bei oberschlächtigen Wasserrädern sei, während bei unterschlächtigen Rädern das Verhältniß der Kraft zum höchsten Nutzeffect wie 3 zu 1 ist. Daher ist das Verhältniß des Nutzeffectes zwischen ober- und unterschlächtigen Rädern, die beide unter den vortheilhaftesten und unter gleichen Umständen der Menge des Aufschlagewassers und des Gefälles wirken, wie 2 zu 1.

Wenn nun diese Verhältnisse auf einer einigermaßen sichern Basis beruheten, so würden sie uns sogleich in den Stand setzen, den Effect eines Wasserrades mit der Einheit der mechanischen Kraft und folglich mit der Kraft eines Pferdes oder der Dampfmaschine zu vergleichen. Wir würden dann nur die Menge und das Gewicht des Aufschlagewassers in einer Minute und die mittlere Höhe des Gefälles zu bestimmen haben, dann das Gewicht in Pfunden mit der Fußzahl multipliciren und das Product mit 33,000 dividiren. Dieß würde die Größe der bewegenden Kraft in Pferdekräften geben, und zwei Drittel von den obigen Verhältnissen würden den Nutzeffect für ein oberschlächtiges und ein Drittel davon den für ein unterschlächtiges Rad geben.

Unglücklicher Weise sind aber die obigen Verhältnisse von Versuchen entlehnt, welche nach einem zu kleinen Maaßstabe angestellt worden, bei denen zwar alle Sorgfalt angewendet wurde, um Richtigkeit zu erlangen, die aber nur ein Mittel zwischen $^1/_2$ und $^3/_4$ gaben. Sie können daher durchaus nicht mit Sicherheit in praktischen Fällen angewendet werden, so daß sie uns nur einigermaaßen bei der

Bestimmung der, von einer gegebenen Quantität Aufschlagewasser und eines gegebenen Gefälles erhaltenen Wirkung leiten können. Bei der Anlage von Wasserwerken, besonders derer, welche eine bedeutende Kraft erfordern, muß man daher mit großer Sorgfalt und Ueberlegung verfahren.

Wir haben auch bemerkt, daß der Druck des Wassers als bewegende Kraft angewendet werde. Es ist dieß bei der Wassersäulenmaschine der Fall, die wir weiter unten näher beschreiben werden.

Dämpfe als bewegende Kraft. — Dieß ist ein Gegenstand, über welchen wir weiter unten bei den Dampfmaschinen specieller handeln werden. Wir werden daher hier so gedrängt als möglich sein, wenn wir von ihren mechanischen Wirkungen als bewegende Kraft, von den Grundsätzen, von denen die Bestimmung der Kraft abhängt und den gewöhnlichen Abzügen für Reibung, unvollkommene Luftleere und Verminderung der Temperatur reden, indem alle diese Gegenstände bei der Beschreibung der Dampfmaschinen weitläuftiger abgehandelt werden müssen. Für den vorliegenden Zweck mag es hinreichend sein, im Allgemeinen zu bemerken, daß bei der Dampfmaschine die erlangte Wirkung von der Verschiedenheit des Drucks der Dämpfe gegen die eine Seite des Kolbens und dem der Dämpfe oder der unvollkommenen Luftleere gegen die andere Seite, von der Grundfläche und der Geschwindigkeit des Kolbens, ohne Berücksichtigung seiner Länge, abhängt. Den wirklichen Nutzeffect der Maschine von diesen Angaben allein ableiten zu wollen, würde übrigens kein richtiges Maaß von deren Leistungen geben, weil ein Theil der Kraft zur Hervorbringung der Luftleere und zur Ueberwindung der Reibung und Trägheit der verschiedenen Theile angewendet wird. Es werden daher gewisse Abzüge nöthig, die wir hier blos erwähnen und die Untersuchung der Grundsätze, auf denen sie beruhen, bei der Dampfmaschine selbst näher erörtern.

Der mittlere Druck der Atmosphäre und der Dämpfe auf dem Siedpunkte des Wassers ist ungefähr gleich 30 Zollen Quecksilber oder 34 (engl.) Fuß Wasser, oder $14^1/_2$ bis 15 Pfunden auf jeden Quadratzoll der gedrückten Oberfläche. Haben wir daher auf der einen Seite des Kolbens einen Druck der Dämpfe, der gleich dem atmosphärischen Druck ist, und auf der andern Seite eine vollkommene Luftleere, so würde die Kraft gleich sein dem Fünfzehnfachen der Anzahl der Quadratzolle auf der Kolbenoberfläche in Pfunden avoir-du-pois. In den Kesseln der gewöhnlichen Dampfmaschinen von niederm Druck werden die Dämpfe gewöhnlich unter einem Druck von $2^1/_2$ bis 4 Pfund über dem atmosphärischen erhalten und statt einer vollständigen Luftleere auf der andern Seite des Kolbens oder in dem Condensator, beträgt dort der Druck der Dämpfe ꝛc. ungefähr 2 Pfund. Man sagt daher, der Dampf habe einen Minus-Druck von ungefähr 13 Pfunden, oder sei gleich einer Quecksilbersäule von ungefähr 26 Zoll, die, je nach der Vollkommenheit der Arbeit und anderen Ursachen, bis zu 28 Zoll schwankt. Wir wollen als Beispiel annehmen, daß der Minus-Druck gleich 26 Zollen oder 13 Pfunden, und daß der Druck der Dämpfe auf den Kolben derselbe sei, wie der in dem Kessel, 4 Pfund, d. h. nichts für den Verlust der Temperatur auf dem Wege der Dämpfe in Abzug gebracht.

Die wirkliche bewegende Kraft des Kolbens ist alsdann $4 + 13 = 17$ Pfund auf jeden Quadratzoll Oberfläche. Jedoch ist dieß nicht alle Nutzkraft; ein bedeutender Theil davon geht durch den Betrieb der Luftpumpe zur Hervorbringung jener unvollkommenen Luftleere und durch Ueberwindung der Reibung und der Trägheit der Maschine, von denen letztere bei allen rückwirkenden Theilen der Maschine, Kolben, Balancier u. s. w. sehr bedeutend ist, verloren. Jedoch können wir hier nicht in eine Untersuchung der Wirkungen aller dieser entgegenwirkenden Ursachen eingehen. Wir müssen uns daher begnügen, zu bemerken, daß ungefähr die Hälfte von der Minus-Kraft auf die eben angegebene Weise, durch Verminderung der Temperatur und durch die daraus folgende Verminderung der Elasticität der Dämpfe auf ihrem Wege von dem Kessel zum Cylinder und durch die noch weitere Verminderung in dem letztern Theil des Kolbenhubes, weil die Dämpfe abgeschlossen werden, ehe der Hub vollendet ist, verloren geht. Berücksichtigt man alle diese Umstände, so findet man in der Praxis, daß der wirkliche Nutzeffect der Maschine gleich einem Druck ist, bestimmt durch die Hälfte des Minus-Drucks des Condensors und durch den Druck im Kessel, über den der Atmosphäre; so daß er in dem vorliegenden Falle sein würde $= 6^{1}/_{2} + 4 = 10^{1}/_{2}$ Pfund. Multiplicirt man diese Zahl mit der Oberfläche des Kolbens in Quadratzollen und mit der Geschwindigkeit in Fußen, in einer Minute, und dividirt das Product durch 33,000, so giebt der Quotient die Anzahl der Nominal-Pferdekräfte der Maschine, indem jede Pferdekraft, wie bereits oben bemerkt, gleich ist der mittlern Kraft von $1^{1}/_{2}$ wirklichen Pferden. Eine speciellere Untersuchung der Dampfkraft wird man in dem, von den Dampfmaschinen handelnden Capitel finden.

Das Gesagte mag für unsern jetzigen Zweck hinreichen, indem derselbe nur darin besteht, einen allgemeinen Begriff von dem Verhältniß der bewegenden Kräfte zu geben, mittelst eines allgemeinen Maaßes, oder einer dynamischen Einheit. Aus dem Gesagten ist einleuchtend, daß überall eine große Unsicherheit bei der Vergleichung herrscht. Sowohl die Menschen- als auch die Thierkräfte sind sehr verschieden. Die Kraft, oder vielmehr die Geschwindigkeit des Windes, ist außerordentlich unsicher und veränderlich. Das Wasser ist auch großen Schwankungen und die Wirkung großer, schwerer Wasserräder ist großen Hindernissen unterworfen. Selbst auf die Wirksamkeit der Dampfmaschine hat der atmosphärische Wechsel einen Einfluß und viel von ihrem Nutzeffect hängt auch von der Genauigkeit der Ausführung der Maschine, von der Aufmerksamkeit und Sorgfalt ihres Wärters und von verschiedenen andern Umständen ab. Wir müssen daher den verhältnißmäßigen Werth der verschiedenen betrachteten bewegenden Kräfte annehmen, so wie sie gegeben worden sind, nicht als absolut und bestimmt, sondern als die besten zu erlangenden mittlern Resultate, indem die Elemente, auf welche sie begründet werden, so verschieden und unsicher sind.

Wir beschließen diese wenigen Bemerkungen über die relativen Kräfte der Menschen, Pferde, Windmühlenflügel, Wasserräder und Dampfmaschinen mit der folgenden Tafel, die sehr sorgfältig von Dr. Young zusammen gestellt worden ist und eine ganze Reihe interessanter Resultate enthält.

Unmittelbare Leistungen der Menschenkräfte, ohne Berücksichtigung der Reibung.	Menschenkraft.	Dauer. St.	Min.	S.	Tagewerk.
Ein Mann, der 133 franz. Pf. wog, stieg in 34 Sec. auf einer Treppe 62 franz. Fuß hoch und war ganz erschöpft. Amontons. . . .	0,38	—	—	34	
Ein Holzschneider machte 200 Schnitte von 18″ jeden, in 145 Sec. mit einer Kraft von 25 Pf.; er konnte nur 3 Min. fortfahren. Amontons.	0,82	—	2	25	
Ein Mann kann 8 Stunden täglich 6 Pfd. 1 Fuß in 1 Sec. hoch heben. Bernoulli.	0,94	8	—	—	0,75
Ein Mann von gewöhnlicher Stärke kann täglich 10 Stunden lang an einer Winde mit einer Kraft von 30 Pfunden und mit einer Geschwindigkeit von $3^{1}/_{2}$ Fuß in der Secunde arbeiten. Desaguliers.	1,43	10	—	—	1,43
Zwei an einem Haspel stehende Männer können mittelst zweier, in rechten Winkeln zu einander stehenden Kurbeln 70 Pfd. leichter heben, als ein einziger 30 Pfd. Desaguliers.	1,66	.	.	.	1,66
Ein Mann kann einen ganzen Tag lang mit Hülfe eines Schwungrades, bei einer mäßig raschen Bewegung von 4 oder 5 Fuß in der Secunde, eine Kraft von 40 Pfd. ausüben. Desaguliers. (Jedoch ist es zweifelhaft, ob die Kraft in 40 oder 20 Pfunden besteht.)	2,7	.	.	.	2,7
Auf kurze Zeit kann er mit einem Schwungrade, bei mäßig schneller Bewegung, eine Kraft von 80 Pfunden ausüben. Desaguliers.	4,9	—	1	—	
Ein Mann steigt auf einer Treppe in 1 Sec. 14 Met. ($44^{1}/_{2}$ rhn. Fuß) hoch	1,6	—	1	—	
Ein Mann kann mittelst einer Treppe täglich 250 Kilogr. (525 Pfund) 1 Kilom. (3187 Fuß) hoch heben. Coulomb.	.	.	.	.	0,653
Mit einem Grabscheit verrichtet ein Mann [illegible] soviel als durch Emporsteigen einer Treppe. Coulomb.	.	.	.	.	0,533
Mit einer Winde verrichtet ein Mann $^{1}/_{2}$ so viel, als durch Emporsteigen einer Treppe. Coulomb. . . .	.	.	.	.	0,345
Ein Mann, der Holz eine Treppe emporschafft, trägt mit seinem eigenen Gewicht 100 Kilogr. (210 Pf.) 1 Kilometer hoch. Coulomb. .	.	.	.	.	0,299
Ein Mann, dessen Gewicht 150 Pf. beträgt, kann 15 bis 20 Sec. lang in 1 Sec. 3 Fuß von einer Treppe emporsteigen. Coulomb. . .	7,01	—	—	20	

Unmittelbare Leistungen der Menschenkräfte, ohne Berücksichtigung der Reibung.	Menschen-kraft.	Dauer St.	Min.	S.	Tagewerk.
100 Pfd. können eine halbe Stunde lang mit einer Geschwindigkeit von 1 Fuß in 1 Sec. gehoben werden.	1,52	—	30	—	
Nimmt man die zum Drehen einer Winde erforderliche Arbeit als die Einheit an, so ist die Kraft beim Pumpen, nach Buchanan . .	0,61				
Beim Läuten der Glocken, nach demselben	1,36				
Beim Rudern, nach demselben . .	1,43				

Vergleicht man die in der obigen Tabelle mitgetheilten Resultate recht genau mit einander, so wird man finden, daß sie sehr bedeutend von einander abweichen und wird das wiederholt Gesagte bestätigen, daß Vergleichungen dieser Art auf sehr unsichern Angaben beruhen.

Nach Schulze's Versuchen ist die Kraft, welche ein Mann oder ein Pferd mit der Geschwindigkeit v ausüben können $= f\left(1-\frac{v}{a}\right)^2$, wobei f die im Gleichgewicht stehende Kraft und a die Geschwindigkeit ohne Widerstand ist. Dieß ist eine Formel von Euler.

Ein anderer Ausdruck desselben, $f\left(1-\frac{vv}{aa}\right)$ stimmt nicht so gut mit Schulze's Versuchen überein; allein Euler's Theorie beruhet auf gänzlich willkührlichen Annahmen. Nach der ersten Formel würde der größte mechanische Effect dann stattfinden, wenn $v=\frac{1}{3}a$; nach der zweiten, wenn $v=\sqrt{\frac{1}{3}}\,a$.

Geben wir die Genauigkeit der, von Schulze bestätigten Formel Euler's zu und nehmen wir an, daß die Wirksamkeit eines Menschen ihr Maximum erreicht habe, wenn er $2\frac{1}{2}$ engl. (etwas mehr als eine halbe deutsche) Meilen in einer Stunde gehe, so haben wir $7\frac{1}{2}$ als seine größte Geschwindigkeit, $0{,}04\,(7\frac{1}{2}-v)^2$ für die bei jeder andern Geschwindigkeit und $0{,}016\,v\,(7\frac{1}{2}-v)^2$ für die Wirksamkeit in jedem Fall.

Wenn daher die Geschwindigkeit eine engl. Meile in einer Stunde beträgt, so ist die Wirkung . . . 0,929
Wenn zwei Meilen 1,310
Wenn drei Meilen 1,330
Wenn vier Meilen 1,070
und
wenn fünf Meilen 0,682

Und die Kraft in einem Zustande der Ruhe, $2\frac{1}{2}$ oder ungefähr 70 Pfund, mit einer Geschwindigkeit von zwei englischen Meilen 36 Pfund, mit drei 24 Pfund, mit vier 15. Es ist einleuchtend, daß in den äußersten Fällen diese Formel unsicher ist, daß sie aber bei mäßigen Geschwindigkeiten wahrscheinlich eine ziemliche Approximation gewährt. Lastträger schleppen 200 bis 300 Pfund mit einer Ge-

schwindigkeit von drei engl. Meilen in der Stunde. Portchaisenträger gehen, jeder mit einer Belastung von 150 Pfunden, vier englische Meilen in der Stunde, und in der Türkei soll es Lastträger geben, die mit einer mehr auf dem Kreuz liegenden Last von 700 bis 900 Pfunden gebückt vorwärts gehen. Das vortheilhafteste Gewicht für einen Mann von gewöhnlicher Stärke, um es in horizontaler Richtung fort zu schaffen, sind 111 Pfund, oder wenn er unbeladen zurückgeht, 135 Pfund. In Laufkarren kann ein Mann die Hälfte mehr leisten, als mit Trögen. (Nach Coulomb's Angaben.)

Leistungen der Menschen mittelst Maschinen.	Kraft.	Dauer. St.	Min.	S.	Tagewerk.
Ein Mann in 145 Sec. mittelst eines Seils und einer Rolle 25 Pfund, 220 Fuß hoch. Amontons	0,594	—	2	25	
Ein Mann kann mittelst einer guten gewöhnlichen Pumpe einen ganzen Tag hindurch, in einer Minute ein Orhoft Wasser, 10 Fuß hoch heben. Desaguliers . .	0,119	—	—	—	0,119
Er kann mittelst einer sehr gut eingerichteten Pumpe, 1 oder 2 Minuten lang, 1 Orhoft in 1 Minute, 18 oder 20 Fuß hoch heben.	2,19	—	2	—	
Eine Stampfe von $55\frac{1}{3}$ Pf. Gewicht, wurde mittelst eines horizontal gezogenen Seiles, täglich 5 Stunden lang, in 1 Secunde 1 Fuß hoch gehoben. Coulomb.	0,872	5	—	—	0,436
Ein schwacher alter Mann hob, indem er mit einem Hebel vor- und rückwärts ging, 8 bis 10 Stunden täglich, 7 Kubikfuß Wasser in 1 Sec. $11\frac{1}{2}$ Fuß hoch. Robinson.	1,13	9	—	—	1,03
Ein junger Mann, der 135 Pfund wog und 30 Pfund fortschaffte, hob $9\frac{1}{2}$ Kubikfuß Wasser $11\frac{1}{2}$ Fuß hoch und fuhr damit 10 Stunden täglich, ohne zu ermüden, fort. Robinson	1,42	10	—	—	1,42
Leistung eines Mannes in dem Tretrade	0,426	—	—	—	0,426
Kraft der Pferde.					
Zwei an einen Pflug gespannte Pferde übten in mäßig festem Boden, nach Amontons, jedes eine Kraft von 150 Pfund aus. Wir müssen annehmen, daß sie sich mit einer Geschwindigkeit bewegten, die etwas mehr als zwei engl. Meilen in einer Stunde betrug, und zwar 8 Stunden lang.	0,736	8	—	—	0,591

Kraft der Pferde.	Kraft.	Dauer. St.	Min.	S.	Tagewerk.
Ein Pferd kann mit einer Kraft von 200 Pfund 2 englische Meilen in einer Stunde, 8 Stunden täglich ziehen	1,0	8	—	—	0,8
Mit einer Kraft von 240 Pfund nur 6 Stunden. Desaguliers.	1,2	6	—	—	0,72
Mittelst einer Pumpe kann ein Pferd in einer Stunde 250 Orhoft Wasser, 10 Fuß hoch heben. Smeaton.	4,96	1	—	—	

Ein Pferd kann im Allgemeinen nicht mehr einen steilen Hügel hinaufziehen, als drei Mann im Stande sind, d. h. 450 bis 750 Pfund; ein starkes Pferd aber kann 2000 Pfund auf einem Karren einen steilen Hügel hinanziehen, wenn er nur niedrig ist. Desaguliers.

Der Durchmesser einer Rennbahn für eine Roßmühle muß wenigstens 25 bis 30 Fuß betragen. Desaguliers.

Manche Pferde haben, ohne zu ruhen, 650 bis 700 Pfund sieben bis acht englische Meilen weit gezogen; zu Stourbridge zog sogar eins 1232 Pfund Eisen acht englische Meilen weit. Desaguliers.

Eine Windmühle mit vier Flügeln, von denen jeder 33 Fuß von der Welle oder dem Mittelpunkte aus lang und 6 Fuß oder etwas mehr breit ist, konnte 1000 franz. Pfunde in einer Minute 218 Fuß hoch heben, und im Durchschnitt acht Stunden täglich arbeiten. Dieß ist gleich der Leistung von 51 Menschen, wie weiter oben festgesetzt worden ist.

Smeaton sagt, er habe durch Versuche gefunden, daß eine Windmühle mit 30 Fuß langen Flügeln vier Pferden gleich sei, oder ein Flügel gleich fünf Mann, welches bei einer Breite von ungefähr 4 Fuß mit dem Obigen fast übereinkommt.

Vortheile und Nachtheile der bewegenden Kräfte.

Die Ersparung durch Theilung der Arbeit haben wir in dem einleitenden Theile des Werkes, nebst den daraus hervorgehenden Vortheilen, weitläuftig auseinandergesetzt; allein die dort gemachten Bemerkungen bezogen sich im Allgemeinen auf die Benutzung von Arbeitern, entweder Männern, Weibern oder Kindern zu Handthierungen oder besondern mechanischen Prozessen, wobei weit mehr Geschicklichkeit als Kraft erforderlich ist. Der Gegenstand unserer jetzigen Untersuchung ist der Aufwand und die Ersparung, welche aus der Beschaffenheit der bewegenden Kräfte hervorgehen, bei denen Kraft und nicht Geschicklichkeit der zu erreichende Zweck ist. Berücksichtigen wir blos den Kostenaufwand der verschiedenen bewegenden Kräfte, so bedarf die Folge nur einer geringen Auseinandersetzung; allein es sind auch andere Rücksichten zu nehmen, von denen einige vielleicht kaum einmal unserer jetzigen Untersuchung angehören, und welche den Gegenstand in einigen Fällen sehr schwierig und verwickelt machen.

Wir haben gesehen, daß ein Pferd eben so viel Arbeit, zu welcher keine Geschicklichkeit erforderlich ist, verrichtet,

als fünf Menschen, und daß das, was man eine Pferdekraft bei einer Dampfmaschine nennt, bei der geringsten Schätzung gleich dem Anderthalbfachen von der wirklichen Kraft eines Pferdes ist und folglich gleich der von 7½ Menschen. Wir müssen auch bemerken, daß im Durchschnitt 10 Pfund Steinkohlen in einer Dampfmaschine das erforderliche Brennmaterial liefern werden, um in einer Stunde eine Pferdekraft hervorzubringen, oder 80 Pfund auf eine Pferdekraft bei nur achtstündiger Arbeitszeit täglich.

Den Werth von 80 Pfund oder ungefähr 1 Bushel (1970 rhein. Kubikzoll — 10 bis 11 preuß. Metzen —) Steinkohlen können wir kaum höher als zu 1 Schilling verausgaben; die Ausgabe für Miethe von 1½ Pferden beträgt im Durchschnitt ungefähr 3½ Schilling, der Arbeitslohn für 7½ gute englische Arbeiter 21 Schilling. Berücksichtigen wir daher nur die relativen Kosten der dreierlei verschiedenen bewegenden Kräfte, so verhalten sie sich ungefähr wie 3, 7 und 30. Es ist dieß jedoch keine richtige Ansicht von dem Gegenstande, weil in dem letztern Verhältniß alle Kosten begriffen sind, während bei dem Pferde wir den ersten Ankauf, die Kosten des Geschirres, der Stallung, des Hufbeschlages, der Wartung rc. zu berücksichtigen haben, so daß die tägliche Ausgabe für das Pferd leicht auf 4½ Schilling steigen mag. Bei der Dampfkraft haben wir auch, außer der Ausgabe für das Brennmaterial, die für Oel, Talg, den Maschinenwärter, den Heitzer, das Anlagekapital für Maschine und Gebäude, und diese werden bei einer Maschine von mittlerer Größe noch einen zweiten Schilling täglich tragen, und so betragen die täglichen Kosten der Dampfkraft 3 Schilling, der Pferdekraft 6½ Schilling und der Menschenkraft 15 Schilling.

Die Kosten der übrigen bewegenden Kräfte können nicht so gut geschätzt werden. Die einer Windmühle kostet gar nichts und bei einem Wasserrade ist sie sehr unbestimmt und sehr von den Umständen abhängig. Beide Arten der bewegenden Kraft sind aber weit wohlfeiler als die Dampfkraft; allein die eine ist unsicher und kaum da anwendbar, wo eine stete Kraft erforderlich ist, und die andere, obwohl weit weniger unsicher, local und nicht, wie die Dampfkraft, überall anwendbar. Die Frage über Ersparung und Kosten bleibt daher zwischen dem Menschen, dem Pferde und der Dampfmaschine. Jedoch muß bei Vergleichungen dieser Art sehr wohl berücksichtigt werden, ob eine Dampfmaschine auch hinlängliche Beschäftigung habe; denn ist dieß nicht der Fall, so steht die Kraft mit dem Nutzeffect in keinem vortheilhaften Verhältniß und die Kosten steigen bedeutend. Eine Maschine, die nicht regelmäßig im Betriebe gehalten wird, leidet sehr, ihre Abnutzung ist weit bedeutender, als bei einem regelmäßigen Gange und ihre Dauer ist weit kürzer. In England war eine Maschine von Bolton und Watt noch nach 40 Jahren in einem fortwährend gutem Gange. Sie hat freilich im Verlauf der Jahre manche Reparaturen erlitten, und manche Theile sind durch neue ersetzt; wäre aber diese Maschine nur einen oder zwei Tage in der Woche im Betriebe gewesen, oder nur eine Woche oder vierzehn Tage lang in einem Monat und nicht unausgesetzt, so ist es sehr wahrscheinlich, daß sie schon weit früher gänzlich unbrauchbar geworden und abgeworfen werden müßte. Es giebt zwar einzelne Fälle, in denen die verlangte Wirkung nur von einer sehr großen

Maschine hervorgebracht werden kann und die dennoch keiner steten Anwendung bedarf. In solchen Fällen können aber die obigen Rücksichten nicht genommen werden; die Nothwendigkeit macht alsdann ganz andere Bedingungen nöthig, und die der Ersparniß ist nicht mehr zu nehmen.

Der Punkt, auf welchen hier die Aufmerksamkeit gelenkt werden soll, ist der, ob die Nachfrage nach einem Fabrikat so ist, daß eine bewegende Kraft fortwährend Beschäftigung findet, und ob die Frage vielmehr die ist, ob es besser sei, Pferde- oder Dampfkräfte, oder Pferde- oder Menschenkräfte anzuwenden. Seltner entsteht die Frage, ob Menschen- oder Dampfkräfte anzuwenden sind, obwohl sie bei der Baumwollenspinnerei und bei der Weberei ꝛc. auch vorkommt.

Wenn die Frage zwischen Pferde- und Dampfkraft entsteht, so ist, wie wir gesehen haben, in ökonomischer Hinsicht der Vortheil gänzlich auf Seite der letztern, selbst wenn auch das Brennmaterial theuer ist; es ist dieß aber weder der ganze Vortheil, noch Alles das, was zu dem gehört, was man unter dem Ausdruck des Haushalts oder der Ersparung versteht. Wir haben die Zweckmäßigkeit der Anwendung, die Stetigkeit und die Gleichförmigkeit der Kraft und der Bewegung zu berücksichtigen, und wenn die Frage über deren Wahl keiner weitern Entscheidung bedarf, so müssen wir ihre Einwirkung auf die Nationalvortheile und Quellen ins Auge fassen. Pferde werden wie alle übrigen Handelsgegenstände im Verhältniß der Nachfrage auf den Markt gebracht, ja man kann sagen producirt. Jede neue Anwendung des Dampfes auf das, was früher Pferde verrichtet haben, hat entweder die Folge, den Werth der Pferdearbeit, oder die Anzahl der Pferde in einem Lande zu vermindern.

Bei der erstern Annahme fallen andere, mittelst Pferdekraft hervorgebrachte Gegenstände im Preise und die von Pferden abhängenden Bequemlichkeiten sind wohlfeiler zu erlangen. Auf einer andern Seite kann aber um so viel mehr Land zur Ernährung der Menschen benutzt werden, je weniger Pferde gehalten und gefüttert werden. Die Nachfrage nach menschlicher Arbeit steigt auch damit. Es sind Bergleute erforderlich, um die Steinkohlen zu gewinnen, Schiffbauer und Seiler zu ihrer Förderung und zu ihrem weitern Transport, Werkleute zur Errichtung der erforderlichen Gebäude, und zur Erbauung von Dampfmaschinen sind auch mehr Maschinenbauer erforderlich, als zu der der Roßmühlen. Besonders wichtig ist aber der durch die größere Wirksamkeit der Dampfmaschinen herbeigeführte wohlfeilere Preis der Fabrikate. Wir müssen daher folgern, daß, wo hinlänglicher Absatz der Fabrikate vorausgesetzt werden darf, die Dampfkraft in jeder Hinsicht der Pferdekraft vorzuziehen ist.

Die Frage ist nicht ganz so einfach bei der Vergleichung der Menschen- und der Pferdekräfte. In Betreff der Kosten, sahen wir bereits, verhält sich die Pferdekraft zu der Menschenkraft, wie 2 zu 1 zu ihrem Vortheil; allein was in dieser Hinsicht vortheilhaft, ist in Hinsicht auf Nationalwohlfahrt unvortheilhaft. Wenn durch Ersatz der Pferdekraft mittelst Dampfkraft die Anzahl der Pferde und folglich auch der Preis der Lebensmittel vermindert wird, so folgt, daß die Ersetzung der menschlichen Kraft durch Pferdekraft die Anzahl der Pferde und der Preis der Lebensmittel steigen muß. Wie geringe Zweifel daher auch obwalten mögen, wenn man nur die erste Ausgabe für die Individuen berücksichtet, so ist dagegen der Ersatz sehr zweifelhaft, wenn die Frage unter einem umfassendern Gesichtspunkt genommen wird. Es ist dieß hauptsächlich dann der Fall, wenn, während die Pferde arbeiten, die Menschen unbeschäftigt bleiben, wie z. B. wenn in ackerbautreibenden Gegenden das Ausdreschen des Getreides durch Maschinen geschieht. Das Dreschen mit dem Flegel erfordert Geschicklichkeit und Stärke, würdigt aber den Menschen nicht herab, welches der Fall sein würde, benutzte man sie zur unmittelbaren Bewegung der Dreschmaschine.

Ein solcher Einwurf läßt sich aber nicht gegen die Substitution der Menschenhände durch Dampfkraft bei dem Fabrikenwesen machen, sondern es findet ganz das Gegentheil statt. Zuvörderst wird dadurch kein Boden zum Anbau menschlicher Nahrungsmittel entzogen, und obgleich jedes neue Ersatzmittel einige Hände außer Arbeit setzen muß, so steigt doch der Absatz der Fabrikate durch deren wohlfeilere Preise so, daß jene Unbeschäftigten sehr bald wieder Arbeit erlangen. Jedermann ist wohlfeiler gekleidet, und da auch die Ausfuhr des Artikels steigt, so werden auch noch mehr Arbeiter nöthig und der Reichthum und die Hülfsquellen des Landes steigen.

Als Beweis für die außerordentlichen Vortheile dieses Ersatzes der Menschenhände durch Dampfkraft, führen wir die folgende Thatsache an. Im Jahre 1767 betrug die Anzahl der bei der Baumwollenmanufactur in England beschäftigten Arbeiter 30,000. Die Baumwollenwaaren standen im hohen Preise und nur Wenige konnten sie zur Bekleidung oder zu sonstigen Zwecken benutzen. Jetzt, nachdem die Handarbeit durch Maschinenkräfte ersetzt ist, beschäftigt die britische Baumwollenmanufactur fast eine Million Menschen und die Fabrikate werden zu einem Viertel von ihrem früheren Preise verkauft, so daß sie ganz allgemein, auch von der geringsten Menschenklasse benutzt werden können. Nie aber sind wir im Stande, solche Resultate durch Substitution der Menschenhände mittelst Pferdekräften zu erlangen.

Wollten wir die Frage noch weiter hinaus verfolgen, so würden wir zu sehr in das Gebiet der Staatswirthschaft übergehen, welches gegen unsern Zweck ist. Unser einziger Zweck ist der, die Kosten und den Haushalt der bewegenden Kräfte zu vergleichen, und wenn wir uns etwas von unsrem Wege entfernt, so war dieß blos Folge der Nothwendigkeit, indem beide Gegenstände innig mit einander verbunden sind.

Zweites Capitel.

Von den Hindernissen der Bewegung oder den retardirenden Kräften.

Könnten Maschinen vollkommen dargestellt werden, so würden die, von irgend einer Combination mechanischer Kräfte hervorgebrachten Wirkungen zu Resultaten führen, die in Beziehung auf das Maaß genau den Kräften gleich sein würden, mittelst denen die Bewegung hervorgebracht ist. Allein man kann dieß von keiner Maschine erwarten, da jede ihrer Bewegungen nothwendig Hindernisse erleidet, wohin die Reibung, die Steifigkeit der Seile und der Widerstand der Luft ꝛc. gehören. Von diesen entgegenwirkenden Kräften brauchen wir jedoch nur die beiden erstern zu untersuchen; denn, obwohl der Widerstand der Luft zuweilen bedeutend ist und in einigen wenigen Fällen sogar absichtlich zur Regulirung der Bewegung einer Maschine angewendet wird, so ist er doch im Allgemeinen unbeträchtlich und seine retardirende Kraft kann daher, mit Ausnahme der erwähnten Fälle, unberücksichtigt gelassen werden. Von diesen handeln wir zweckmäßiger an einem andern Orte dieses Werks.

I. Von der Reibung oder Friction.

Bei allen Untersuchungen über die dynamische Wirkung sich bewegender Körper sind wir genöthigt, in der Theorie, die Oberflächen derselben als vollkommen glatt anzusehen. In der Praxis ist dieß aber gänzlich anders; es giebt keine vollkommen glatten Körper, keine Maschine, die bei ihrer Bewegung nicht mehr oder weniger durch die Reibung der Zähne gegen einander, der Zapfen in ihren Lagern ꝛc., behindert würde. Bei einigen Maschinen, wie Schleifmühlen, Bohrmaschinen, Sägemühlen ꝛc., besteht die ganze anzuwendende Kraft in der Ueberwindung der Reibung oder dem etwas Aehnlichem, so daß eine Kenntniß von der Beschaffenheit und den Wirkungen derselben durchaus nothwendig erscheint, um uns in den Stand zu setzen, die Grundsätze der theoretischen Mechanik auf nützliche praktische Zwecke anzuwenden.

Läßt man zwei Körper so aufeinander gleiten, daß sie, ohne zu rollen, sich parallel ihrer gemeinschaftlichen Berührungsebene bewegen, so entwickelt sich in den Berührungspunkten ein im Sinne der Bewegung wirkender Widerstand, dessen Intensität abhängt von dem gegenseitigen Druck, den sie auf einander äußern, von der Beschaffenheit ihrer Substanz und von der Gestalt und Größe ihrer Berührungsflächen. Coulomb glaubt, daß man diesen Widerstand als aus zwei Theilen bestehend sich denken müsse, einem vom Druck unabhängigen: der Adhäsion, welche im Verhältniß der Größe der Berührungsflächen zunimmt, und einem andern der Reibung, welche mit dem Druck zunimmt, ohne von der Anzahl der Berührungspunkte modificirt zu werden. Welche Kräfte nun auch hier zu einer Gesammtwirkung zusammentreten mögen, so sind wir doch immer nur auf die Ergebnisse empirischer Untersuchungen hingewiesen, ohne sie theoretisch ableiten zu können.

In neuerer Zeit sind zwei sehr ausgedehnte Versuchreihen von Rennie (Experiments on the friction and abrasion of the surfaces of solids. Philosophical Transactions. 1829. p. 134 etc.) und von Morin (Nouvelles expériences sur le frottement faites à Metz en 1831, 1832, 1833. Paris 1834 et 1835. — Auszugsweise abgedruckt in den Annales des Mines, 3e série, tome IV, p. 271 etc., tome VI, p. 73 etc., tome X. p. 27 etc. —), bekannt gemacht worden, aus denen wir hier die Resultate nebst den erhaltenen Zahlenwerthen mittheilen.*

Morin hat in Uebereinstimmung mit einigen Resultaten von Coulomb (der seine Versuche auf Veranlassung der französischen Akademie in den 70er Jahren des vorigen Jahrhunderts anstellte, und 1781 in deren Mémoires derselben mittheilte — v. Gerstner's Handbuch der Mechanik, I. Band, Prag 1831, S. 490 u. s. w. —) gefunden, daß die gleitende Reibung**

1) proportional dem Druck ist,
2) unabhängig von der Geschwindigkeit des Gleitens,
3) unabhängig von der Ausdehnung der Flächen.

Herr Morin (Artilleriecapitain zu Metz) hat im Ganzen 179 verschiedene Versuche gemacht, und da sie mit den Oberflächen sehr verschiedener Körper und in sehr verschiedenen Zuständen dieser Oberflächen angestellt wurden, so können diese Resultate als entschieden ermittelt angesehen werden.

Der erste Satz ist innerhalb viel weiterer Grenzen als von Coulomb geprüft, aber immer für so bedeutende Grade des Drucks, als sie in Maschinen eintreten. Er gilt daher zunächst nicht für so kleine Pressungen, wie sie in Uhren vorkommen, bei welchen der wirkende Druck so gering wird, daß er dem Widerstande des angewendeten Oeles gleich werden kann. Die Unabhängigkeit von der Ausdehnung der Flächen bewährte sich bei einer Vergrößerung derselben bis zum 48fachen.

Eine scheinbare Ausnahme zeigt sich darin, daß bei Anwendung von Schmieren, welche die Reibung sehr vermindern, sehr kleine Berührungsflächen eine größere Reibung zu geben scheinen. Dieß kommt daher, daß bei dem Fortgleiten die reibende Fläche so stark in die Schmiere eindringt, daß die Unterlage mehr in den Zustand einer blos fettigen Oberfläche versetzt wird, deren Reibung größer ist.

Was endlich die Geschwindigkeit betrifft, so wurde diese bis zu der von 3 Metern (9½ rhein. Fuß) in einer Secunde gebracht, ohne daß eine Aenderung des Reibungscoefficienten eintrat. Die Behauptung Coulombs, daß mit gesteigerter Geschwindigkeit die Reibung sich vermindere und zwar in dem Maaße, daß sie bei 1 Fuß Geschwindigkeit in der Secunde, mehr als ein Drittheil geringer sei, als bei der Geschwindigkeit von 1 Zoll, bestätigte sich durchaus nicht. Im Gegentheil zeigte sich scheinbar bei größerer Geschwindigkeit eine Zunahme der Reibung, wahrscheinlich bewirkt durch den Widerstand der Luft, welcher hier nicht

* Wir haben diesen Abschnitt über die Reibung aus dem vortrefflichen „Repertorium der Physik" von Dove und Moser, Band I., Berlin 1837, S. 97 u. ff., entnommen.

** Die Gesetze der wälzenden Reibung, über welche wir nur sehr wenig wissen, wird Hr. Morin durch fortgesetzte Versuche zu ermitteln suchen.

in Rechnung gebracht wurde. Eben so wenig bestätigte sich der allgemein als gültig angenommene Satz, daß die Reibung zwischen gleichartigen Körpern größer sei als zwischen ungleichartigen. Gußeisen auf Gußeisen reibt z. B. viel weniger als Gußeisen auf Eichenholz.

Alle Flächen verändern sich stark bei dem trocknen Uebereinandergleiten, fasrige Substanzen stärker als Körper von körnigem Gefüge. Gleiten mit Baumöl und Schweinefett bestrichene Flächen aufeinander, nämlich Holz auf Holz, Holz auf Metall, Metall auf Holz, und Metall auf Metall, so ist das Verhältniß der Reibung zum Druck für alle dasselbe, die Reibung beträgt nämlich 7 bis 8 Hunderttheile des Druckes. Dasselbe Verhältniß gilt, wenn die Flächen mit Talg bestrichen sind, außer wenn Metall auf Metall gleitet, wo es 0,1 zu sein scheint. Temperaturunterschiede zwischen + 1° und + 20° scheinen keinen merklichen Einfluß auf die Reibung bestrichener Flächen zu haben.

Wenn die Geschwindigkeit eines auf einer horizontalen Ebene fortgezogenen Körpers gleichförmig wird, so ist die Reibung genau gleich der ziehenden Kraft. Das gewöhnliche Mittel, die Reibung zu finden, ist daher die Beobachtung der auf diese Weise gleichförmig durchlaufenen Räume. Diese Beobachtungsmethode hat aber den Nachtheil, daß, da für jeden Druck nur ein einziges ziehendes Gewicht existirt, welches gleichförmige Bewegung hervorbringt, man dieß a priori kennen oder durch langes Hin- und Hersuchen finden muß. Die Beobachtung beschleunigter Bewegungen gewährt dagegen den Vortheil einer unmittelbaren Prüfung des Gesetzes, daß die Reibung unabhängig ist von der Geschwindigkeit der Bewegung. Morin zog daher in der Regel diese Beobachtungsmethode vor, prüfte

aber auch bei dem Gußeisen, ob die Erscheinungen bei verschiedenen gleichförmigen Geschwindigkeiten mit den aus den Beobachtungen beschleunigter Bewegungen erhaltenen Resultaten übereinstimmten, was sich bestätigt fand. Wie aus der Messung der in bestimmten Zeiten durchlaufenen Räume die Intensität der beschleunigenden Kraft und daraus die Größe der Reibung bestimmt wurde, muß so wie die nähere Beschreibung des Apparates in den Originalabhandlungen nachgelesen werden.

Die folgende Tafel enthält die ermittelten Reibungscoefficienten, darunter wie gewöhnlich den Bruch verstanden, mit welchem der Druck zu multipliciren ist, um die Reibung zu erhalten. Da, wenn die angewendete Schmiere heruntergenommen worden ist, die Flächen noch fettig bleiben, in welchem Falle die Reibung viel geringer wird, als wenn sie trocken einander berühren, so ist dieser Zustand als „fettig" in einer besondern Rubrik unterschieden. Die viel stärkere Reibung, welche Morin im Vergleich mit Coulomb bei dem Uebereinandergleiten von Holz gefunden hat, kommt wahrscheinlich daher, daß das von Coulomb angewendete Holz polirt, d. h. mit einer Art trockner Schmiere bereits überzogen war.

Wenn zwei Körper längere Zeit in Berührung gewesen sind, so gehört eine größere Kraft dazu, den oberen ruhenden Körper durch Zug in Bewegung zu versetzen, als bei dem schon in Bewegung begriffenen die Reibung zu überwinden. Die im letzteren Falle erhaltenen Werthe sind in der ersten Tafel mitgetheilt. Die Zeit, welche die Körper übereinander geruht hatten, bis sie die in der zweiten Tafel enthaltene Reibung zeigten, war in der Regel 10 bis 20 Minuten.

Reibung ebener Flächen in gleitender Bewegung auf einander.

Substanz der auf einander gleitenden Flächen.	Richtung der Fasern gegeneinander und gegen d. Sinn der Bewegung	Verhältniß der Reibung zum Druck als Einheit					
			bestrichen mit				
		ohne Schmiere	Talg	Schweinefett	Baumöl (?)	Seife	fettig
Eiche auf Eiche	parallel	0,48	0,075	—	—	0,164	0,108
"	gekreuzt	0,32	—	—	—	—	—
"	senkrecht	0,336	—	0,072	—	0,083	0,143
"	senkrecht a. par. d. Bew.	0,192	—	—	—	—	—
Buche auf Eiche	parallel	0,36	0,055	—	—	—	0,153
Ulme auf Eiche	parallel	0,43	0,070	0,060	—	0,137 tr.	0,119
"	gekreuzt	0,45	—	—	—	—	—
Starkgegerbtes Ochsenleder auf Eiche		0,296	—	—	—	—	—
Eisen auf Eiche	parallel	0,626	0,085	—	—	2,214 tr.	—
Gußeisen auf Eiche	Fasern d. Unterlage par. der Bewegung	0,490	0,078	0,075	0,075 *	0,189 tr.	0,107
Kupfer auf Eiche	Fasern d. Unterlage par. der Bewegung	0,62	0,069	—	—	—	0,100
Ulme auf Ulme	parallel	—	—	—	—	0,139 tr.	0,140
Eiche auf Ulme	"	0,246	0,073	0,066	—	0,136 tr.	0,136
Gußeisen auf Ulme	"	0,195	0,077	—	0,061	—	—
Eisen auf Ulme	"	0,252	0,078	0,076	0,055	—	0,138

Substanz der auf einander gleitenden Flächen.	Richtung der Fasern gegeneinander und gegen d. Sinn der Bewegung	Verhältniß der Reibung zum Druck als Einheit bestrichen mit: ohne Schmiere	Talg	Schweinefett	Baumöl	Seife	fettig
Ulme auf Gußeisen	parallel d. Bewegung	—	0,066	—	—	—	0,135
Eiche auf Gußeisen	senkrecht auf d. Beweg.	0,372	—	—	—	—	—
"	parallel der Bewegung	—	0,080	—	—	—	0,168
Weißbuche auf Gußeisen	"	0,394	0,070	0,071	0,068 *	—	0,136
Franzosenholz auf Gußeisen	"	—	0,074	—	0,076 *	—	0,121
Feldbirne auf Gußeisen	"	0,436	0,067	0,068	—	—	0,173
Gegerbtes Ochsenleder auf Gußeisen	flach darauf gelegt	0,559	0,159	—	0,134 *	—	—
Gußeisen auf Gußeisen	"	0,152	0,100	0,070	0,064	0,197	0,144
Eisen auf Gußeisen	die Streifen d. d. Eisens parallel d. Bewegung	0,194	0,103	0,076	0,066	—	—
Stahl auf Gußeisen	—	0,202	0,105	0,081	0,079 *	—	0,109
Messing auf Gußeisen	—	0,189	0,072	0,068	0,066 *	—	0,115
Bronze auf Gußeisen	—	0,217	0,086	—	0,077	—	0,107
Hanf in Fäden auf Gußeisen	Hanffäden senkrecht auf der Bew. wie bei d. Stempeln d. Maschinen	—	0,194	—	0,153	—	—
Eiche auf Eisen	Fasern parallel	—	0,098	—	—	—	0,149
Franzosenholz auf Eisen	"	—	—	—	0,072	—	0,149
Eisen auf Eisen	Streifen parallel	0,138	0,082	0,081	0,070	—	0,177
Gußeisen auf Eisen	"	—	0,098	0,058	0,063	—	0,143
Stahl auf Eisen	"	—	0,093	0,076	—	—	—
Bronze auf Eisen	"	0,161	0,081	—	0,072	—	0,166
Franzosenholz auf Bronce	Fasern parallel	—	0,082	—	0,053	—	0,146
Gegerbtes Ochsenleder auf Bronce	flach darauf gelegt	—	0,241	—	0,191	—	—
" " "	auf die hohe Kante gelegt	—	0,138	—	0,135	—	—
Gußeisen auf Bronze	—	0,147	0,085	0,070	0,067	—	0,132
Eisen auf Bronze	—	0,172	0,103	0,075	0,078	—	0,160
Stahl auf Bronze	—	0,152	0,056	—	0,056	—	—
Bronze auf Bronze	—	0,201	—	—	0,058	—	0,134

	Wagenschmiere	naß
Eiche auf Eiche, gekreuzt	—	0,25
Eisen auf Eiche, parallel	—	0,256
Gußeisen auf Eiche, Fasern der Unterlage parallel der Bewegung	—	0,218
Hanffäden auf Eiche, senkrecht auf einander	—	0,332
Weißbuche auf Gußeisen, parallel der Bewegung	0,095	—
Gegerbtes Ochsenleder auf Gußeisen, flach darauf gelegt	—	0,365
Gußeisen auf Gußeisen	—	0,314
Eisen auf Gußeisen, die Streifen des Eisens parallel der Bewegung	0,124	—
Messing auf Gußeisen	0,134	—
Gußeisen auf Eisen, Streifen parallel	0,155	—
Eisen auf Bronze	0,168	—
Stahl auf Bronze	0,170	—

	ohne Schmiere	naß
Weicher Kalkstein auf weichem Kalkstein	0,64	—
Harter Kalkstein auf weichem Kalkstein	0,67	—
Gewöhnlicher Backstein auf weichem Kalkstein	0,65	—
Eiche auf weichem Kalkstein, die Holzfasern lothrecht und senkrecht auf die Steinplatte	0,38	—
Schmiedeeisen auf weichem Kalkstein, lothrecht und senkrecht auf die Steinplatte	0,69	—

1) Die in der Columne, welche Baumöl überschrieben ist, mit einem * bezeichneten Zahlen beziehen sich auf gewöhnliches Oel.

	ohne Schmiere	naß.
Eiche auf hartem Kalkstein, die Holzfasern lothrecht und senkrecht auf die Steinplatte	0,38	—
Weicher auf hartem Kalkstein	0,65	—
Gewöhnlicher Backstein auf hartem Kalkstein	0,60	—
Harter Kalkstein auf hartem Kalkstein	0,38	—
Schmiedeisen auf hartem Kalkstein	0,24	0,30

Außer den angegebenen Schmieren wurden folgende angewendet:

Gußeisen auf Ulme mit Schweinefett und Reißblei	0,091	
„ „ „ fettig nachher mit Talg bestrichen	0,125	
„ „ „ „ „ mit Schweinefett und Reißblei	0,137	
Weißbuche auf Gußeisen mit Schweinefett und Reißblei	0,055	Fasern par. der Bewegung.
„ „ „ „ Asphalt	0,060	
Gegerbtes Ochsenleder auf Gußeisen, das Leder fettig auf genäßtem Metall	0,229	
Gußeisen auf Gußeisen mit Schweinefett und Reißblei	0,055	
Bronze auf Eisen mit Schweinefett und Reißblei	0,089	
Stahl auf Bronze „ „ „ „	0,067	
Gegerbtes Ochsenleder auf Bronze: Fettiges Leder	0,287	flach darauf gelegt
Gegerbtes Ochsenleder auf Bronze: auf nassem Metall	0,244	auf die hohe Kante.

Reibung ebener Flächen, nachdem sie einige Zeit in Berührung gewesen.

Substanz der auf einander gleitenden Flächen	Richtung der Fasern	Verhältniß der Reibung zum Druck als Einheit: bestrichen mit trockner Seife	mit Talg	fettig	ohne Schmiere	geschmiert u. m. Wasser benetzt	mit Baumöl
Eiche auf Eiche	parallel	0,440	0,164	0,390	—	—	—
„	senkrecht	—	0,254	0,314	—	—	—
„	Holz aufr. a. flach gel. Holz	—	—	—	0,271	—	—
Buche auf Eiche	parallel	—	—	0,330	—	—	—
Ulme auf Eiche	parallel	0,411	0,142	0,420	—	—	—
Hanffäden auf Eiche	senkrecht	—	—	—	—	0,869	—
Eisen auf Eiche	parallel	—	0,108	—	—	0,649	—
Gußeisen auf Eiche	„	—	0,100	0,100	—	0,646	0,100
Kupfer auf Eiche	„	—	0,100	—	—	—	—
Ulme auf Ulme	parallel	0,217	—	—	—	—	—
Eiche auf Ulme	„	—	0,178	—	0,376	—	—
Hanf auf Gußeisen	parallel	—	0,131	—	—	—	—
Gegerbtes Ochsenleder * auf Gußeisen	platt darauf gelegt	—	—	—	—	0,621	0,122
„ „ auf Gußeisen	auf die hohe Kante	—	—	—	—	0,615	0,127
Ulme auf Gußeisen	parallel	—	—	0,098	—	—	—
Gußeisen auf Gußeisen	—	—	0,100	—	0,162	—	—
Eisen auf Gußeisen	—	—	0,100	0,118	0,194	—	0,113
Stahl auf Gußeisen	—	—	0,108	—	—	—	—
Messing auf Gußeisen	—	—	0,103	—	—	—	—
Bronze auf Gußeisen	—	—	0,106	—	—	—	—
Gußeisen auf Eisen	—	—	0,100	—	—	—	—
Eisen auf Eisen	—	—	0,115	—	0,137	—	—
Bronze auf Bronze	—	—	—	0,164	—	—	0,164
Weicher Kalkstein a. weich. Kalkstein	—	—	—	—	0,74	—	—
Harter „ „ „ „	—	—	—	—	0,75	—	—
Backstein auf weichem Kalkstein	—	—	—	—	0,67	—	—
Eiche „ „ „	vert. od. senkr. geg. d. Bew.	—	—	—	0,63	—	—

* Bei fettigem Leder flach auf benäßtes Gußeisen gelegt, ist der Reibungscoefficient 0,267.

	ohne Schmiere
Eisen auf weichem Kalkstein	0,49
Harter Kalkstein auf hartem Kalkstein	0,70
Weicher auf hartem Kalkstein	0,75
Backstein „ „ „	0,67
Eiche auf hartem Kalkstein, vertik. od. senkr. g. d. Bew.	0,64
Eisen „ „ „	0,42
	mit Schweinefett
Gußeisen auf Eisen, parallel	0,100
Hanf auf Gußeisen „	0,136
Gußeisen auf Eisen „	0,700

Weicher Kalkstein auf weichem Kalkstein gab mit Mörtel von Kalk und Sand nach Berührung von 10 bis 15 Minuten als Reibungscoefficient 0,74.

Den hier mitgetheilten Resultaten füge ich der Vergleichung wegen die Ergebnisse der Versuche von Coulomb bei.

Gleitende Reibung ebener Flächen, welche in Bewegung begriffen, nach Coulomb.

Eiche auf Eiche, Fasern parallel 0,11, die Flächen in abgerundeten Kanten endend	0,08
„ „ „ „ gekreuzt	0,10
„ „ „ „ parallel mit frischem Talg oder altem Schweinefett bestrichen	0,035
„ „ „ „ parall. in abgerundete Kanten endend, fettig oder die Schmiere abgewischt	0,06
Eiche auf Tanne, Fas. par.	0,16
Tanne a. Tanne „ „	0,17
Ulme auf Ulme „ „	0,10
Eiche auf Eisen „ „ Geschwindigkeit sehr ger.	0,08
„ „ „ „ „ „ 0m. 3 in der Secunde	0,17
„ „ „ „ „ kl. Flächen, ohne Schmiere ab. fettig	0,07
Eiche auf Kupfer „ „ Geschwindigkeit sehr ger.	0,05
„ „ „ „ „ „ 0m. 3 in der Secunde	0,18
Eisen auf Eisen trocken	0,28
„ „ „ m. fr. Talg	0,24
Kupfer a. Eisen trocken	0,10
„ „ „ m. fr. Talg	0,10

Gleitende Reibung im Augenblick der entstehenden Bewegung nach langer Ruhe, nach Coulomb.

Eiche auf Eiche, Fasern parallel	0,44
„ „ „ in abgerundete Kanten endend	0,42
„ „ „ Fasern gekreuzt	0,27
„ „ „ nach jedem Versuche mit frischem Talg bestrichen	0,38
Eiche auf Tanne, Fas. par.	0,67
Tanne auf Tanne, „ „	0,56
Ulme auf Ulme, Fas. gekr.	0,46
Eisen auf Eiche	0,20
Kupfer auf Eiche	0,18

Eisen auf Eisen	0,28
Kupfer auf Eisen	0,26
d. Flächen in abgestumpfte Spitzen endend	0,17
mit neuem Talg bestrichen	0,10
mit Oel	0,17
mit altem Schweinefett	0,14

Der vortrefflichen Arbeit von Morin scheint die von Rennie deßwegen nicht an die Seite gestellt werden zu können, weil bei Rennies Versuchen ein Umstand in noch größerem Grade übersehen worden ist, als bei Coulomb. Der Weg, welchen der gleitende Körper bei Rennies Versuchen durchlief, scheint nämlich nur 4 ½ Zoll betragen zu haben, welches, wenigstens bei Anwendung von Schmieren, viel zu wenig ist, wenn von sichern Resultaten die Rede sein soll, da das Auspressen des Oels aus der angewendeten Schmiere nach langer Ruhe vorzugsweise in der ersten Zeit des Fortgleitens stattfindet, die Flächen daher dann nur in dem Zustand einer fettigen Oberfläche sich befinden. Wichtig sind seine Versuche in so fern, als sie bis zu sehr starken Belastungen ausgedehnt wurden.

Bei 10 bis 56 Pfd. auf 2 Quadratzoll reibende Fläche, war das aus dem Abschiebungswinkel berechnete Verhältniß der Reibung zur Last das in der ersten Columne enthaltene, bei 4 bis 10 Centner Druck auf den Quadratzoll das in der zweiten Columne gegebene. (Die Zahl bedeutet, wie viel Mal der Druck größer als die zu überwindende Reibung.)

Gleitende Reibung der Hölzer.

Roth Theka auf roth Theka	7,617	8,82
Buche auf Eiche	7,663	7,13
Englische Eiche auf englische Eiche	6,923	7,83
Hagebuche auf Hagebuche	6,349	6,57
Norwegische Eiche auf norwegische Eiche	7,966	7,67
Fichte auf Fichte	3,379	3,40
Weißtanne auf Weißtanne	3,794	3,81
Rothtanne auf Rothtanne	3,501	2,88
Ulme auf Ulme	5,471	5,86
Honduras Mahagony auf Hond. Mahag.	—	5,96
Frische amerikanische Eiche auf frische Eiche	—	7,65
Frische amerikanische Eiche auf Theka	6,867	—
Honduras Mahagony auf Hagebuche	4,753	—

Die Reibung ist also auch hier unabhängig vom Druck, bei weichen Hölzern übrigens bedeutend größer als bei harten, bei welchen sie ungefähr ⅛ des Druckes beträgt.

Zur Bestimmung der Reibung der Metalle auf einander wurde durch ein herabgehendes Gewicht das gleitende Metall über die horizontale Unterlage fortbewegt. Auf die Kante gelegt bot es dabei 6 ¼, auf die flache Seite gelegt 44 Quadratzoll reibende Fläche dar.

	Flache Seite.	Kante.
Gußeisen auf Gußeisen	6,58 bis 7,53	6,2 bis 6,5
Messing (hard) auf Gußeisen	7,2 „ 7,8	6,0 „ 8,0
Messing auf Gußeisen	6,09 „ 7,22	6,1 „ 7,24
Zinn auf Gußeisen	5,4 „ 6,11	5,09 „ 6,11

In der zweiten Lage war der Druck ungefähr siebenmal größer als bei der erstern. Die Zahlen geben das Verhältniß der Last zu dem Gewicht, welches erfordert wurde, um den Körper in Bewegung zu setzen.

Bei den folgenden Versuchen wurde der Druck auf den

Quadratzoll von 2 Pfd. 2 Unz. bis 32 Pfd. gesteigert, die reibende Fläche betrug dabei 5,9 Zoll.

Messing auf Eisen	7,312
Stahl auf Stahl	6,860
Messing auf Stahl	6,592
Eisen auf Eisen	6,561
Gußeisen auf Stahl	6,393
Gußeisen auf Eisen	6,023
Zinn auf Eisen	5,846
Messing auf Messing	5,764
Stahl auf Eisen	5,198
Zinn auf Zinn	3,305

Hingegen variirte der Druck bei den folgenden Versuchen von 2 Pfund 1 Unze bis 14 Pfund 3 Unzen.

Gußeisen auf Gußeisen	6,475
Messing auf Gußeisen	6,745
Zinn auf Gußeisen	5,671

Ueberschreitet der Druck eine gewisse Grenze, so greifen die Metalle einander merklich an, was die Reibung stark vermehrt.

Bei Eisen auf Eisen ändert sich dieselbe, auf die nämliche Weise bezeichnet, von 4,00 bis 2,44, wenn der Druck auf den Quadratzoll von 1,66 Centner bis 5,00 wächst.

Bei Eisen auf Gußeisen steigt die Reibung von 3,63 bis 2,30, wenn der Druck zunimmt von 1,66 bis 6,33 Ct.

Bei Stahl auf Gußeisen steigt die Reibung von 2,33 auf 3,48, wenn der Druck zunimmt von 1,66 bis 6,00 Ct.

Bei Messing auf Gußeisen steigt die Reibung von 4,44 auf 3,66, wenn der Druck zunimmt von 1,66 bis 7,33 Ct. Die reibende Fläche betrug hierbei 6 Zoll.

Rennie selbst faßt die über gleitende trockne Reibung

von ihm angestellten Versuche in folgender Tafel zusammen, in welcher die Zahlen bedeuten, der wie vielste Theil bei gleicher Belastung die Reibung von der Belastung beträgt.

Stahl a. Eisen	69,81	Gußeisen a. Eisen	5,87
Eisen a. Eisen	36,00	Messing a. Messing	5,70
Hartes Holz a. hartem Holz	7,73	Zinn a. Gußeisen	5,59
Messing a. Eisen	7,38	Zinn a. Eisen	5,53
Messing a. Stahl	7,20	Weicher Stahl a. Eisen	5,28
Messing a. Gußeisen	7,11	Leder a. Eisen	4,00
Weicher Stahl a. weichem Stahl	6,85	Zinn a. Zinn	3,78
Gußeisen a. Stahl	6,62	Granit a. Granit	3,30
Eisen a. Eisen	6,26	Weißtanne a. Weißtanne	2,88
Gußeisen a. Gußeisen	6,12	Sandstein a. Sandstein	2,75
Messing (hard) a. Gußeisen	6,00	Wollenzeug a. Wollenzeug	2,30

Die von ihm über Achsenreibung mit und ohne Schmiere angestellten Versuche zeigen so große Unregelmäßigkeiten, daß sich daraus kein allgemeines Resultat ableiten läßt.

Coulomb* verfuhr bei der Bestimmung der Größe der wälzenden Reibung folgendermaßen. Er legte auf zwei waagerechte, an ihrer Oberfläche vollkommen glatte Unterlagen eine, ebenfalls vollkommen glatte und runde Walze, über welche ein sehr biegsamer Faden ging, dessen beide Enden mit gleichen Gewichten belastet wurden. Zu einem dieser Gewichte wurden nun so lange kleine Gewichte zugelegt, bis eine gleichförmige Bewegung der Walze erfolgte. Auf diese Weise erhielt er nachstehende Resultate:

Walzen von Guajac auf Unterlagen von Eichenholz.			Walzen von Ulmen auf Unterlagen von Eichenholz.		
Gesammte Belastung der Walze.	Gewicht zur Ueberwältigung der Reibung.		Gesammte Belastung der Walze.	Gewicht zur Ueberwältigung der Reibung.	
	Durchmesser der Walze 2 franz. Zoll.	Durchmesser der Walze 6 franz. Zoll.		Durchmesser der Walze 6 franz. Zoll.	Durchmesser der Walze 12 franz. Zoll.
100 französische Pfund	1,6 franz. Pfund	0,6 franz. Pfund	1000 franz. Pfund	10 franz. Pfund	5 franz. Pfund
500 „ „	9,4 „ „	3,0 „ „			
1000 „ „	18,0 „ „	6,0 „ „			

Aus diesen Versuchen ersieht man, daß der Reibungswiderstand bei der wälzenden oder rollenden Bewegung sich gerade wie die Belastung und umgekehrt wie der Halbmesser der Walzen verhält, wenn die Körper von gleicher Materie sind. Die Versuche zeigen ferner, daß die Reibung weit kleiner ist, wenn sich dieselben Körper auf einer Ebene fortwälzen, als wenn sie über einander gleiten. In dieser Hinsicht ist es vortheilhafter, Körper über einander zu wälzen, und kann dieß nicht geschehen, sie auf einander drehen zu lassen, statt sie in paralleler Richtung auf einander fortzuziehen. Es ist demnach auch vortheilhafter, die Wellzapfen, statt sie, wie gewöhnlich geschieht, in einer Vertiefung oder Pfanne laufen zu lassen, auf eine waagerechte Unterlage zu legen, und diesem Zapfen zwei kleine bewegliche Räder, sogenannte Frictionsräder, unterzulegen, wodurch, wie wir später sehen werden, die Reibung von der Oberfläche des stärkern Wellzapfens auf die Oberfläche der schwächern Frictionsräder übertragen und bedeutend vermindert wird. Aus demselben Grunde hat man schon seit langer Zeit versucht, Frictionskugeln oder kleine Walzen in den Naben der Wagenräder anzubringen, auf welchen die eisernen Axen laufen.

Man ließ über zwei gußeiserne Scheiben von 2 Fuß Durchmesser, mit geschmiedeten eisernen Zapfen, die in messingenen, mit Oel geschmierten Büchsen liefen, eine eiserne Kette gehen, an deren jedem Ende ein Gewicht von 21 Centnern oder 2352 englischen Pfunden hing. Beide

* v. Gerstner a. a. O. S. 496 x.

Scheiben oder Rollen waren 12 Fuß 10 Zoll von einander entfernt. Das Gleichgewicht wurde durch 3 Centner (336 Pfund) oder durch $^1/_7$ des ganzen Gewichts überwunden. Bei einem andern Beispiel, welches ein Krahn gab, an welchem ein Gewicht von 7057 Pfund hing, wurde die Reibung mit 7,62 bezeichnet; bei einem andern Krahn mit $^1/_6$.

Bei einem Versuche, der in den, neuerlich in dem königl. Proviantamte zu Deptford angelegten Mahlmühlen angestellt wurde, war ein Zehntel von dem Gewicht der Masse zur Ueberwindung der Trägheit und Reibung auf den tragenden und berührenden Oberflächen erforderlich. Der Druck auf den verschiedenen Theilen der Maschine differirte von 28 bis 896 Pfund auf den Quadratzoll Oberfläche, und die Oberflächengeschwindigkeiten differirten von 50 bis 120 Fuß in der Minute.

Aus den hier mitgetheilten Versuchen und deren Resultaten über die Reibung lassen sich manche sehr wichtige Folgerungen für das Maschinenwesen machen, weshalb sie auch der Mechaniker mit großer Aufmerksamkeit berücksichtigen muß.

II. Von der Steifigkeit oder Unbiegsamkeit der Seile.*

Wenn man ein Seil mit der Hand um irgend einen Körper biegen oder wickeln will, so findet man, daß hierzu eine um so größere Kraft erfordert wird, je kleiner der Körper ist, um den man das Seil windet, je größer die Spannung des Seiles ist, je dicker das zu biegende Seil und je neuer und steifer dasselbe ist. Bei dem Maschinenwesen äußert sich diese Unbiegsamkeit vorzüglich bei den Rollen oder Cylindern, um welche Seile gewickelt werden. Um den Grad der Unbiegsamkeit der Seile durch einen Versuch zu bestimmen, kann man sich der von Amontons

angegebenen Vorrichtung bedienen. Das zu untersuchende Seil wird um den Cylinder gewunden und an seinen Enden mit einem Gewichte belastet. Zur Bewirkung der Bewegung des Cylinders werden so lange Gewichte zugelegt, bis dieselbe gleichförmig erfolgt. Es ist offenbar, daß bei vollkommener Biegsamkeit des Seils der Cylinder sogleich herabrollen müßte. Demnach wird das Gewicht dieses Cylinders sammt dem angehängten Gewichte, die Größe der Unbiegsamkeit der Seile, für die vorhandene Spannung des Seiles, den Durchmesser des Cylinders und die Dicke des Seiles geben.

Coulomb bediente sich zu gleichem Zwecke mehrer um ihre Axe beweglicher Cylinder. Die Axen lagen in Pfannen, um die Cylinder wurden Seile von verschiedenen Durchmessern geschlungen, und an beide Enden gleiche Gewichte angehängt, und zu einem derselben so lange Gewichte zugelegt, bis daß die Bewegung gleichförmig blieb. Weil sich aber hierbei auch bei dünnen Axen eine Reibung äußerte, so wurde deren Einfluß erst bestimmt, indem man an einer sehr dünnen, seidenen Schnur von beiden Seiten Gewichte anhängte, und aus der Größe derselben das Verhältniß der Reibung zu den angehängten Gewichten bestimmte. Bei dem Gebrauch der Seile wurde nun von dem erforderlichen Zulagsgewichte die Reibung abgezogen, und der Ueberrest der Unbiegsamkeit der gebrauchten Seile beigemessen.

Durch solche Versuche bestimmte Coulomb den Widerstand der Seile, Stricke, Schnüre ꝛc. nach ihrer verschiedenen Qualität, Dicke und Spannung und nach dem verschiedenen Durchmesser des Cylinders, um welchen diese Seile gewunden wurden. Seine mit dem Amontons'schen Apparate gemachten Erfahrungen gaben folgende Tabelle zur Bestimmung der Unbiegsamkeit ungetheerter Seile.

Gewichte, welche die Seile spannen.	Seil Nr. 1, von 6 Fäden; 12½ Linien im Umfange.			Seil Nr. 2, von 15 Fäden; 20 Linien im Umfange.			Seil Nr. 3, von 30 Fäden; 28 Linien im Umfange.		
	Durchmesser der Walzen.			Durchmesser der Walzen.			Durchmesser der Walzen.		
	1 Zoll.	2 Zoll.	4 Zoll.	1 Zoll.	2 Zoll.	4 Zoll.	2 Zoll.	4 Zoll.	6 Zoll.
Pfunde.	Pfd.	Pfd.	Pfd.	Pfd.	Pfd.	Pfd.	Pfd.	Pfd.	Pfd.
25	2,0	—	—	7,0	3,2	1,7	11,0	5,0	—
125	11,0	4,0	—	22,0	9,0	5,0	21,0	8,5	—
225	17,0	6,5	—	30,0	17,0	7,0	29,0	14,0	—
425	31,0	12,0	5,7	65,0	31,0	13,0	47,0	23,0	—
625	43,0	15,0	7,2	92,0	41,0	16,7	67,0	31,0	—
1025	—	—	11,0	—	—	27,0	—	50,0	34,0

Obwohl diese Tabelle das Resultat einer langen, mühsamen und sehr genauen Arbeit ist, so geben diese Erfahrungen doch nicht ganz regelmäßig. Dennoch aber sind sie hinreichend, um daraus zu schließen, daß die zur Biegung der Seile erforderlichen Kräfte sich gerade wie die Spannungen der Seile und umgekehrt wie die Durchmesser der Walzen verhalten, wie schon Amontons und Desaguliers gefunden haben. Das Letzte ist wenigstens für größere Walzen richtig, wie wir sie in dem Maschinenwesen häufig anwenden. Ferner ersieht man aus den Versuchen, daß sich die Unbiegsamkeit beinahe wie das Quadrat der Durchmesser verhält. Auch ist sie nicht dem angehängten Gewicht allein proportional. In der dritten Versuchreihe brauchte das Seil von 30 Fäden über die Rolle von 2 Zoll im Durchmesser, 11 Pfund bei dem angehängten Gewicht von 25 Pfund, und 67 Pfund bei angehängten 625 Pfunden. Ziehen wir 11 von 67 ab, so kommen 56 Pfd. auf 600 Pfund angehängtes Gewicht, und daher auf jeden Centner 9,3 Pfund. Dies würde für 25 Pfund nur 2,3 Pfund geben, wogegen nach dem Versuche 11 Pfund erfordert wurden. Die Unbiegsamkeit war daher um 8,7 Pfund größer. Wenn wir aber die Unbiegsamkeit mit 9,3 Pfund für jeden Centner des angehängten Gewichtes berechnen, und durchweg 8,7 Pfund zugeben, so erhalten

* Mit Benutzung von v. Gerstner a. a. O. S. 497 ꝛc.

wir sehr nahe die nämlichen Zahlen, welche in der dritten Versuchsreihe der obigen Tabelle angeführt sind. So haben wir z. B. bei der Belastung von 225 Pfund 2,25 · 9,3 = 20,9 und wird hierzu die beständige Zahl 8,7 addirt, so erhalten wir 29,6 Pfund, wogegen in der Tabelle 29,0 Pfund erscheinen. Hieraus ersehen wir nun, daß die 8,7 Pfund der natürlichen Spannung zugeschrieben werden müssen, welche alle Fiebern des Seils bei ihrer Zusammendrehung erhalten. Wird nämlich ein Seil gespannt, so haben alle Fiebern nicht blos das angehängte Gewicht, sondern auch ihre natürliche Spannung auszuhalten, und die Elasticität derselben ist der Summe von beiden proportional. Diese Größe 8,7 Pfund ist daher nach Verschiedenheit der Zusammendrehung auch verschieden, nur ist hierbei noch zu bemerken, daß bei den Versuchen zwei Seile auf einmal umgebogen wurden, demnach für ein Seil nur die Hälfte von 8,7 Pfund, d. i. nur 4,4 gehören.

Herr Coulomb fand bei andern Versuchen dieser Art, daß die Unbiegsamkeit getheerter Seile den nämlichen Gesetzen folgt, nur ist sie um $^1/_6$ größer, d. h. die Unbiegsamkeit der trocknen Seile verhält sich zu der der getheerten, wie 6 : 7. Alte mit Theer bestrichene Seile bleiben eben so unbiegsam, als wenn sie neu sind, weil die Fäden des Hanfes zwar etwas nachgeben, aber der Theer dafür um so fester und härter wird. Die Versuche wurden im Winter bei 5 bis 6° R. angestellt und man fand, daß die Kälte vorzüglich bei dicken Seilen die Unbiegsamkeit vermehrt. Das Seil von 15 Fäden wurde bei einer Kälte von — 4° untersucht, und man fand die Unbiegsamkeit um $^1/_6$ größer.

Von den Wirkungen der Anwendung bewegender und retardirender, auf die in Bewegung stehenden Kräfte.

In den vorhergehenden Versuchen über die Reibung ist dargethan, daß die Stärke der Hindernisse der Bewegung einer Maschine durch die Reibung unabhängig von ihrer Geschwindigkeit ist, und es folgt daher, daß die hieraus herrührenden Hindernisse der Bewegung mit denjenigen verbunden werden müssen, welche aus dem Widerstande an dem wirkenden Theile entstehen und daß nach einer solchen Vereinigung und nachdem die Bewegung der Maschine gleichförmig geworden ist, die Momente an den Betriebs- und an den wirkenden Punkten einander gleich sein müssen. Nun ist das Moment an den wirkenden Maschinentheilen gleich dem Product der bewegenden Kraft mit der Geschwindigkeit, d. h. = F. v. Hier stellt übrigens F. v die Kraft des Agens dar und in manchen Fällen wird ein Theil von dieser Kraft dazu verwendet, entweder um das Agens selbst, oder um eine gewisse Trägheitsmaterie zu bewegen, welche auf die Maschine, der die Bewegung mitgetheilt worden ist, wirkt und außerhalb derselben liegt. Der erste Fall begreift die Wirkung einer Feder, welche, um irgend eine Kraft auszuüben oder um eine Maschine zu bewegen, selbst erschlaffen muß, so daß so viel Kraft, als dazu erforderlich ist, an Wirkung an der Maschine verloren geht. Der zweite Fall umfaßt die Schwere, welche auf ein sinkendes Gewicht wirkt, das aber erst in Bewegung gesetzt werden muß, ehe es die Maschine bewegen kann. Es muß daher auch die Trägheit berücksichtigt werden. Der am meisten einleuchtende Fall ist aber der,

wenn die Muskelkraft eines Menschen oder eines Thieres die bewegende Kraft ist, wie z. B. ein an einer Schiffswinde arbeitender Mensch. Er muß alsdann zuvörderst fast immer so rasch gehen, als sich die Spille bewegt, und dieß erfordert einen gewissen Aufwand der Muskelkräfte. Dieß allein bringt jedoch keine Wirkung hervor, sondern der Mann muß auch mit der Kraft, welche ihm noch von der Bewegung übrig geblieben, die Winde vorwärts treiben. Die Verhältnisse dieser beiden Kraftäußerungen müssen in verschiedenen Fällen sehr verschieden sein, je nach der Belastung, oder nach der Geschwindigkeit, mit der er sich mit derselben bewegt. Wirklich hängt der Nutzeffect von der Wirkung eines Menschen oder eines Thieres, von dem zu bewegenden Gewicht, von der Geschwindigkeit, mit der es bewegt wird, und von der Zeit ab, innerhalb welcher beide ihre Kraftäußerung fortzusetzen vermögen, so daß dabei nothwendig ein anderer Ausdruck eingeführt werden muß. Nennt man daher das zu bewegende Gewicht w, die Geschwindigkeit v, und die Zeit, während welcher ein Mann zu arbeiten aushalten kann t, so haben wir w. v. t, als den Nutzeffect. Nun ist es einleuchtend, daß, wenn w so bedeutend ist, daß es der Mensch nicht zu überwinden und in Bewegung zu setzen vermag, v = o sein muß und folglich w. v. t, auch = o, d. h., daß gar kein Nutzeffect statt findet, obwohl die ganze Kraft des Menschen angewendet und erschöpft ist. Ist dagegen v so groß, daß sie alle seine Kraft erfordert, so ist er nicht im Stande, irgend eine Last zu bewegen, so daß in diesem Falle w = o und folglich w. v. t auch = o. Endlich wenn das Product v. w, oder die Geschwindigkeit, mit der er sich, und das Gewicht, welches er bewegt, beide groß sind, so wird t entweder gänzlich verschwinden oder so gering werden, daß die Wirkung ebenfalls Null wird. Da wir nun sehen, daß zwei wirkliche Fälle vorhanden sind, unter denen die Wirkung Null wird und einer, bei dem er sich demselben nähert, wogegen die ganze Wirkung zunimmt, indem wir uns von diesen äußersten Punkten entfernen; so ist es augenscheinlich eine sehr wichtige Betrachtung für den Mechaniker, die Werthe zu bestimmen, welche w, v und t unter jeden Umständen zu ertheilen sind, so daß das Maximum der Wirkung entweder mittelst der Theorie, oder durch praktische Versuche hervorgebracht werden kann. Es sind aber diese Verhältnisse für die Menschen- und Pferdekräfte weit mehr mittelst der letztern, als mittelst der erstern bestimmt worden.

Wir haben zur Erläuterung unserer Bemerkungen diesen Fall der thierischen Wirksamkeit gewählt, jedoch lassen sich ähnliche, nach den Umständen veränderte Betrachtungen auf alle bewegende Kräfte anwenden. Bei der thierischen Kraft sind wir durch die Stärke der Muskelkraft, Geschwindigkeit und Zeit beschränkt. In andern Fällen kann die Zeit unberücksichtigt bleiben, weil Elementarkräfte ohne Schwächung ihrer Wirksamkeit im Gange erhalten werden können. Dagegen sind sie andern Beschränkungen unterworfen. So ist es z. B. einleuchtend, daß wir ein Wasserrad nur mit der Schnelligkeit des Stromes selbst bewegen können, und ist dieß Extrem erreicht, so ist es klar, daß keine Kraft zur Ueberwindung irgend eines Widerstandes bleibt. Daher ist der Nutzeffect nichts, und dasselbe wird der Fall sein, wenn wir das Rad so belasten, daß

der Strom nicht im Stande ist, die Last zu überwinden, und das Wasser, ohne zu wirken, wegfließt. In diesem Fall findet keine Geschwindigkeit statt und der Nutzeffect ist wiederum nichts. Es entsteht daher die Frage, welchen Widerstand wir entgegensetzen müssen, um den größten Nutzeffect hervorzubringen. Die Theorie stellt ihn zu einem Drittel von der Geschwindigkeit des Stromes fest, und wenn dieß auch nicht durch die Erfahrung bestätigt wird, so beweisen diese angestellten Versuche doch, daß die Geschwindigkeit, wie wir schon weiter oben sahen, nicht weit von dießer Größe verschieden ist.

Bei den Windmühlen rührt die Beschränkung von einer andern Ursache her. Wenn die Größe der Oberfläche gegeben ist, so hängt die Wirkung von dem Winkel ab, unter welchem die Flügel gestellt sind, und der Druck gegen dieselben wird am stärksten sein, wenn sie senkrecht gegen die Richtung des Windes stehen. Allein es findet alsdann keine drehende Bewegung statt und eben so wenig, wenn die Flügel parallel mit der Richtung des Windes stehen. Es ist daher ein zwischen beiden liegender Winkel bestimmt, den die Theorie zu 50° 40′ angiebt. Nach den Versuchen von Smeaton giebt dieser Winkel zwar fast den größten Nutzeffect, wenn die Flügel keine Belastung haben, nicht aber wenn sie zur Bewegung einer Mühle oder sonstigen Maschinerie angewendet werden sollen. Die Erfahrung hat ungefähr 72° als den besten Winkel nachgewiesen.

Die Dampfmaschine scheint fast frei von jeder Beschränkung zu sein. Zwar wird die Wirkung der Dämpfe auf den Kolben durch die Geschwindigkeit des Kolbens selbst vermindert, allein die Geschwindigkeit, mit der solch ein elastisches Fluidum, wie Dampf, in eine Luftleere strömt, ist so groß, daß die Geschwindigkeit des Kolbens dagegen verhältnißmäßig gering ist, und die Beschränkung daher hier nicht liegt. Die Beschaffenheit der Maschine selbst setzt aber Grenzen; die Länge des Kolbenhubes und die Geschwindigkeit, welche durch das Wechseln und andere Umstände einen Verlust erleidet, setzen nothwendig Schranken; so daß auch hier eine lange Erfahrung eine gewisse Geschwindigkeit als zweckmäßiger, wie jede andere zur Hervorbringung des Nutzeffeets, gefunden hat. Es beträgt diese Geschwindigkeit, nach der Annahme der besten Meister, ungefähr 220 Fuß in der Minute.

Diese Bemerkungen gelten auch für die Anwendung der bewegenden Kraft auf den eigentlichen Betriebspunkt der Maschine. Da durch jene Geschwindigkeit oder Rotation erlangt ist, so muß dieselbe durch Maschinentheile, durch sogenanntes Zwischengeschirr, mit dem wirkenden Theil verbunden werden und zwar mit einer Geschwindigkeit, welche der der bewegenden Kraft gleich, oder größer, oder geringer als dieselbe ist. In Beziehung auf die Gleichförmigkeit der Bewegung, kann man dem wirkenden Maschinentheil jede beliebige Schnelligkeit geben; allein hier muß wieder auf die Beschaffenheit des zu überwindenden Widerstandes, oder auf denjenigen Rücksicht genommen werden, den die zu leistende Wirkung dem Nutzeffect der Maschine entgegensetzt.

Zuweilen widersetzt sich dem Werke nicht ein einfaches Hinderniß, sondern ein wirklicher Widerstand durch Reaction, der eine Rückwärtsbewegung der Maschine veranlaßt. Dieß ist stets da der Fall, wo ein schwerer Körper zu

heben, oder eine Feder zu biegen oder zusammenzudrücken ist, und in einigen andern Fällen. Bei andern Maschinen findet keine solche Reaction, sondern nur eine Hemmung statt. Eine Mahlmühle, eine Bohrmaschine, eine Sägemühle und manche andere Maschinen, zeigen keine solche Reaction; allein obgleich dieselben, wenn sie stehen, oder wenn die bewegende Kraft nicht darauf einwirkt, keinen Druck von der entgegengesetzten Richtung erhalten, so bewegen sie sich doch auch nicht weiter, als bis daß sie von einer Kraft von gewisser Stärke getrieben werden, indem jeder geringere Grad derselben sie gänzlich unbewegt läßt. So muß bei einer Sägemühle eine gewisse Kraft auf die Zähne der Säge wirken, damit die Cohäsion der Holzfasern überwunden wird. Dieß erfordert, daß eine bestimmte, mit der Maschine im Verhältniß stehende Kraft auf die wirkenden Theile derselben eingreift. Wäre die Kraft nicht bedeutender, so würde nur der Cohäsion des Holzes das Gleichgewicht gehalten werden, allein es würde keine Bewegung erfolgen. Wird aber die bewegende Kraft noch verstärkt, so wird die Cohäsion des Holzes auch überwunden, und die Maschine wird in vollständigen Betrieb gesetzt. Es ist daher einleuchtend, daß nur diese hinzugekommene Kraft wirklich als bewegendes oder nutzbares mechanisches Agens wirkt, und daß die übrige nur den Zweck hat, der Cohäsion des Holzes das Gleichgewicht zu halten. Wir können daher, wenn die Maschine im Betriebe ist, annehmen, daß zwei Kräfte darauf einwirken, von denen die eine auf den Angriffspunkt wirkt, die ganze Maschine in Betrieb setzt, und gleich der ganzen angewendeten Kraft ist, die andere aber an dem Betriebstheil der Maschine in einer entgegengesetzten Richtung wirkt, und gleich dem ganzen Widerstand ist, den das zu leistende Werk entgegensetzt. Es ist auch zu bemerken, daß es nicht allein der Widerstand von der zu leistenden Arbeit ist, den die bewegende Kraft zu überwinden hat, sondern sie muß nothwendig auch die Trägheit aller Maschinentheile zwischen dem Angriffspunkte und dem wirkenden Theile, so wie die Friction aller reibenden Oberflächen überwinden; d. h. ehe die erforderliche Kraft an dem wirkenden Theile ausgeübt werden kann, müssen die verschiedenen verbindenden Kräfte auf die verschiedenen Maschinentheile einwirken. Damit nun ferner der wirkende Theil dem Angriffspunkte nachkomme, müssen alle verbindenden oder die Bewegung fortpflanzenden Maschinentheile, so wie die Glieder eines Thieres, nach verschiedenen Richtungen und mit verschiedenen Geschwindigkeiten bewegt werden. Folglich wird fortwährend Kraft angewendet, um diese Veränderungen hervorzubringen, welche auf den wirkenden Maschinentheil gänzlich ohne Effect ist, und gewissermaßen auf dem Wege entzogen wird, oder verloren geht. Ganz dasselbe läßt sich auch von dem Widerstande sagen, der durch die Reibung hervorgebracht ist. Ehe alles dieß geschehen kann, muß Zeit vergehen, und besonders ist zu den wiederkehrenden, oder hin- und her gehenden Bewegungen viel Zeit und Kraft erforderlich, wie wir im Verfolg des Werkes noch näher sehen werden. Es ist daher gänzlich unzweckmäßig, eine wiederkehrende Bewegung unnöthiger Weise bei einer Maschine anzuwenden, und es muß dieß von einem umsichtigen Maschinenbauer gänzlich vermieden werden. Jedoch ist es bei mehren der vollkommensten Maschinen, z. B. bei den Dampfmaschinen, gar

nicht zu umgehen möglich. Bei diesen müssen der Balancier und das Pumpengestänge, die oft mehre Tonnen wiegen, eine sehr schnelle Bewegung in entgegengesetzter Richtung, zweimal bei jedem Kolbenhube, annehmen. Noch mehr ist dieß der Fall bei denjenigen Maschinen, die in allen ihren Theilen eine widerkehrende Bewegung haben.

Bei der Anwendung der bewegenden Kräfte auf den Angriffspunkt der Maschinen, müssen wir wegen der beschränkten Anzahl der zu diesem Zweck benutzten Agentien, alle Fälle, sowohl theoretisch als experimentell untersuchen, um zu gewissen festen Prinzipien zu gelangen; dasselbe aber bei Anwendung des wirkenden Theils auf den Nutzeffect, den er zu leisten hat, auszuführen, ist gänzlich unmöglich. Dieser Nutzeffect mag nun einen Knopf poliren, oder einen Stabhammer von mehren Tonnen Gewicht bewegen, Korn mahlen, Oel auspressen, Baumwolle spinnen, oder tausend andere Operationen ausführen, in denen die Fragen von Geschwindigkeit und Widerstand jede mögliche Verschiedenheit des Charakters annehmen. Es würde daher nur eine bloße Affectation der Genauigkeit, und eine Entwürdigung der mathematischen Prinzipien sein, wollte man diese in solchen Fällen zu Hülfe nehmen. Zwar ist es richtig, daß, wenn man die Summe aller der Widerstände, mit Einschluß der Reibung gleich einem gewissen Gewicht annimmt, welches dem wirkenden Theil angehängt worden, man die Frage in mathematischer Form lösen und ihr das Ansehen vollkommener Genauigkeit geben kann; denn die Schwierigkeit liegt nicht in der Verwandlung der Formel, sondern in der Bestimmung der Data, und da es unmöglich ist, dieß mit irgend einem Grade der Sicherheit auszuführen, so wollen wir, unerachtet es andere Autoren über das Maschinenwesen gethan haben, durchaus in keine Berechnungen über diese Gegenstände eingehen. Wir haben es für nothwendig erachtet, die Aufmerksamkeit unserer Leser auf die Beschaffenheit der Schwierigkeiten aufmerksam zu machen, mit denen der Mechaniker zu kämpfen hat. Wir wollen ihn auf die Bahn zu leiten suchen, die er zu verfolgen hat, um die Kraft auf die zu leistende Wirkung richtig anzuwenden; allein Regeln, dieß ins Werk zu setzen, können wir nicht geben, da gar keine sichern vorhanden sind, und weil zu viel dem eigenen Urtheil, den Mitteln und den Kenntnissen des Maschinenbauers zu überlassen ist, welche er nur durch Erfahrung zu erlangen vermag.

Drittes Capitel.

Von den Elementartheilen der Maschinen und ihrer Konstruktion.

Ehe wir zu der allgemeinen Beschreibung der Maschinen unter ihrer verschiedenen Form übergehen, wird es zweckmäßig sein, von ihren einzelnen Theilen zu reden und manche von den technischen Ausdrücken zu erklären, mittelst denen verschiedene Theile von einander unterschieden werden.

Räder.

Die allgemeine Bezeichnung dieses Worts ist hinlänglich bekannt. Wir betrachten hier jedoch nur solche Räder, die zur Fortpflanzung der Bewegung bei Maschinen angewendet werden. Es sind dieß Zahnräder, Stirnräder, Kammräder, Winkelräder rc. Einige Autoren unterscheiden die Zähne (Teeth engl.) von den Kämmen (Cogs, engl.). Buchanan sagt, daß der Ausdruck Zahn nur dann gebraucht werden müsse, wenn das Rad und die Zähne aus einem Stück bestehen, z. B. wenn das Rad gegossen oder aus einem Stück Metall geschnitten ist. Wenn aber die Zähne in ein Rad, es sei nun zur Seite oder oben, eingesetzt sind, so sollen selbige Kämme genannt werden. Dieselbe Erklärung giebt auch Neumann, wogegen nach Eytelwein Zähne nur bei Stirnrädern, Kämme aber bei Kammrädern vorkommen, sie mögen übrigens in das Rad eingesetzt, oder, wie bei den metallenen Rädern, darin eingeschnitten oder daran gegossen sein. Das letztere entspricht dem Sprachgebrauch mehr und ist auch, wenigstens in Deutschland, allgemein angenommen.

Ein Stern- oder Stirnrad (Spur-well, engl.) ist ein solches, bei welchem die Zähne am äußern Umfange der Peripherie eingeschnitten oder eingesetzt worden sind, und bei denen sie in der Richtung der Radien stehen.

Ein Kamm- oder Kronrad (Face-wheel, engl.) nennt man ein solches, bei welchem die Zähne an der Seitenfläche des Rades, oder in einer winkelrechten, mit der Axe desselben parallelen Richtung eingeschnitten oder eingesetzt worden sind. Diese Räder wurden früher, als man noch keine gußeiserne Räder kannte und auch jetzt noch, bei gewöhnlichen hölzernen Mühlwerken, in Verbindung mit den sogenannten Drehlingen dazu angewendet, die Bewegung in rechtwinklicher Richtung fortzupflanzen. Jetzt sind die Kammräder durch die Winkelräder sehr verdrängt und werden verhältnißmäßig nur noch wenig benutzt.

Winkel- oder konische Räder (Bevelled or mitre wheels, engl.) haben ihre Zähne auf der konisch geformten oder schiefen Kante, so daß zwei, sich mit einander bewegende Räder einen Winkel miteinander bilden. Dieser Winkel hängt von dem ab, welchen die Axen der beiden Räder mit einander machen und da dieser gewöhnlich ein rechter ist, so beträgt jener einen halben rechten oder 45°. Die Einführung dieser Räder beim Maschinenwesen ist eine verhältnißmäßig neue Verbesserung. Es greifen stets zwei Winkelräder in einander, und es kann nie ein Winkelrad mit einem andern Zahnrade unmittelbar verbunden werden.

Wenn zwei Zahnräder von verschiedener Größe in einander greifen, so nennt man das größere das Rad (Wheel) und das kleinere das Getriebe (Pinion, dessen Zähne leaves).

Hölzerne Getriebe haben gewöhnlich die in Fig. 8, Taf. I., dargestellte Form. Sie bestehen nämlich aus zwei parallelen Scheiben, welche an ihren Seitenflächen durchbohrt und in die entstandenen kreisrunden Löcher sind cylindrische Stäbe eingetrieben. Getriebe dieser Art heißen Trillinge oder Drehlinge (Trunde, lantern, wallower) und die cylindrischen Stäbe Triebstöcke (Staves, rounds). Wenn solche Getriebe an starken Wellen angebracht werden, welche einen gleichen, oder selbst größern Durchmesser als jene haben, so werden die Triebstöcke in dieselbe eingelegt oder darin ausgearbeitet und dieß ein Rumpf genannt.

Ein Schwungrad (Fly wheel) ist eine große schwere Scheibe, oder ein gußeiserner Kranz, der an irgend einem sich drehenden Maschinentheil befestigt ist, um der Bewegung Gleichförmigkeit zu geben.

Die Are, an welcher ein großes Rad befestigt ist, heißt eine Welle (Shaft, engl.); die Aren für kleinere Räder heißen dagegen Spindeln (Spindle, engl.). Wenn Wellen eine horizontale Richtung haben, so heißen sie liegende, und haben sie eine senkrechte Richtung, stehende Wellen.

Derjenige Maschinentheil, welcher eine Welle trägt, oder in dem sie sich dreht, heißt das Zapfenlager oder die Pfanne (im engl. Carriage, wenn es einen Theil von dem Gestell der Maschine selbst bildet, Plumber oder pillow block, wenn es von demselben getrennt ist; hat eine horizontale Welle ein Pfannenlager zwischen den beiden Endpunkten, so heißt der Theil, welcher sich darin bewegt Journal, Hals, Schläth); für senkrechte Wellen auch Spur (Step, engl. und die Pfannen, in denen sich die Hälse — Journals — genannten Theile der senkrechten Wellen bewegen, bushes und bei kleinern Wellen breasts).

Die Wellen bestehen aus Holz oder aus Gußeisen; die hölzernen haben an ihren Enden kurze eiserne Aren, Zapfen (Gudgeons), deren Beschaffenheit weiter unten beschrieben werden soll.

Zuweilen, z. B. bei Spinnereien und Walzwerken, ist es erforderlich, die Bewegung auf so weite Strecken fortzupflanzen, daß dazu eine Welle nicht hinreicht, sondern daß mehre miteinander verbunden werden müssen. Man nennt diese Verbindungen Kuppelungen (Coupling). Werden die Enden der Wellen mittelst einer übergreifen Büchse oder Hülse vereinigt, so heißt diese eine Muffe (Coupling box); ist aber keine solche Muffe vorhanden, so nennt man die Kuppelung Klauen (Clutches, Glands, englisch).

Nachdem wir nun die Ausdrücke, mit denen die Arbeiter einige von den gewöhnlichern Maschinentheilen bezeichnen, im Allgemeinen erklärt haben, wenden wir uns zu einer speziellern Betrachtung derselben und zu den Regeln, welche bei ihrer Construction berücksichtigt werden müssen.

Von den Zähnen der Räder.

Die Gestalt der Radzähne ist offenbar ein sehr wichtiger Gegenstand, der sich auf streng mathematische Grundsätze zurückführen läßt und der die Aufmerksamkeit verschiedener ausgezeichneter Mathematiker auf sich gezogen hat, von denen, so wie von mehren geschickten Praktikern, sehr nützliche Regeln aufgestellt, deren einige weiter unten mitgetheilt worden sind. Um dieselben jedoch gehörig zu verstehen, sind hier erst einige Erklärungen erforderlich. Wenn zwei Zahnräder in einander eingreifen, so heißt die ihre Mittelpunkte verbindende Linie, die Mittelpunktslinie; derjenige Kreis, welcher durch die Mitte der Zähne eines Rades läuft, der Theilriß (Pitch line); die Entfernung der Zähne oder Kämme von einander, auf diesem Theilriß, die Theilung (Pitch of the teeth). Dieß Wenige wird hinreichen, um die nachstehenden Regeln zu verstehen.

Von einer Reihe ausgezeichneter Mathematiker ist freilich bewiesen worden, daß die beste Gestalt der Radzähne die epicykloidische sei; allein es sind bei dieser Bestimmung einige praktische Punkte übersehen worden, und die jetzige, am allgemeinsten angenommene Methode ist daher die, sie nach Kreisbogen zu bilden und ihre Anzahl so viel als thunlich zu vermehren, so daß zwei oder drei zu gleicher Zeit wirken, wodurch ein weit sanfterer und gleichförmigerer Druck erlangt wird, als mittelst großer Zähne, welche nach den genauesten mathematischen Regeln construirt sind. Die Gleichförmigkeit der Bewegung wird bei einigen Rädern auch noch weiter dadurch erlangt, daß sie drei oder vier Reihen von Rädern auf derselben Oberfläche haben, die gleichförmig auf einander folgen, so daß mehre Zähne auf einmal wirken und die Anzahl der Berührungspunkte weit bedeutender ist.

Es ist eine etwas verschiedene Form erforderlich, je nachdem das Rad in die Triebstöcke eines Trillings, oder in die Zähne eines Getriebes greift. Für den ersten Fall, d. h. wenn das Rad in cylindrische Triebstöcke greift, empfiehlt Tredgold in seiner Ausgabe des weiter unten näher bezeichneten Buchanan'schen Werks, folgende Construction.

Es sei C D, Fig. 1, Taf. I, die Mittelpunktslinie, EE der Theilriß des Trillings und FF der des Rades; man nehme ferner an, daß der Mittelpunkt des Triebstockes A in der Mittelpunktslinie CD liege. Nun stelle man den einen Zirkelschenkel in den Mittelpunkt des Triebstockes A und beschreibe den Bogen bc, welcher die Gestalt des Zahnes ist. Der Theil des Zahns von dem Rade innerhalb des Theilrisses kann, wie die Figur zeigt, mit Kreisbögen beschrieben werden. Es ist leicht einzusehen, daß der Halbmesser zur Beschreibung des Zahnes, gleich der Theilung ist und auch, daß die Mittelpunkte dieser Bogen auf dem Theilriß des Rades liegen werden.

Einige Mechaniker haben vorgeschlagen, daß die Friction der Radzähne an den Triebstöcken vermindert werden würde, wenn die Triebstöcke sich umdrehen könnten; allein es war dieß sehr schwierig und bei einem schnellen Gange der Räder unmöglich.

Smeaton schlug vor, die gußeisernen Triebstöcke mit ovalem Querschnitt zu machen und ihnen durch Abschleifen eine recht glatte Oberfläche zu geben; allein es hat dieß keine wesentlichen Vortheile.

Für die Construction der Zähne eines Rades und eines Getriebes giebt Buchanan folgende Regeln:

Nachdem man auf den Theilriß, Fig. 2, nach der Stärke der Zähne, die Punkte G, Q, L und OoH aufgetragen hat, ziehe man Linien von diesen Punkten nach den Mittelpunkten der respectiven Kreise, welche die Seiten der Räume zwischen den Zähnen des Rades und des Ge

triebes bilden. Die Tiefe dieser Räume muß so sein, daß der gekrümmte Theil der beiderlei Zähne sich frei bewegen kann. Man beschreibe alsdann auf den Endpunkten der Seiten jedes Zahnes Epicykloiden, wie QD, LD, mit dem Erzeugungskreis Y, dessen Durchmesser dem Halbmesser des Theilrisses von dem Getriebe gleich ist, auf der Peripherie des Theilrisses des Rades, als Basis. Nachdem wir nun die Art und Weise der Construction der Zähne für das Rad gezeigt haben, ist die der des Getriebes auch einleuchtend: es ist der Erzeugungskreis seiner Epicykloide auf der Peripherie des Theilrisses von dem Getriebe, als Basis.

Wenn die Zähne klein sind und nicht eher anfangen zu wirken, bis sie in die Mittelpunktslinie gelangen, so können die Zähne des Rades, wenn dieses das Getriebe treibt, oder die des letztern, wenn es das Rad treibt, durch einen Kreisbogen beschrieben werden, dessen Radius gleich der Theilung ist, und dessen Mittelpunkt auf dem Theilriß des Rades oder des Getriebes liegt.

Diese Methode setzt immer jeden Arbeiter in den Stand, kurze Zähne richtiger anzufertigen, als dieß mittelst irgend einer Patrone möglich ist. Solche Patronen zu Zähnen und zusammengesetzten Curven mögen unter besondern Umständen ihren Nutzen haben, z. B. dann, wenn die Zähne im Verhältniß zu der Größe des Rades oder Getriebes, dem sie angehören, lang und groß sind. Bei allem gewöhnlichen Räderwerk aber erfordern solche Operationen sehr viel Arbeit, um denselben Grad von Genauigkeit zu erreichen, der mittelst Kreisbogen sogeich erlangt werden kann.

Mit Hülfe der Figur 3 erklären wir eine sehr einfache Methode, dieß auszuführen. Nachdem das Rad angefertigt, und die Zähne weit größer, als sie eigentlich werden sollen, daran befestigt worden sind, wird auf dem Theilungsdurchmesser ein Kreis AA, der Theilriß, beschrieben, der Bogen BB, innerhalb des Theilrisses, für den untern Theil der Zähne, und ein dritter, DD, außerhalb desselben, für die äußersten Enden der Zähne. Nach diesen Vorbereitungen wird der Theilriß sehr genau in die Anzahl der Zähne getheilt, welche das Rad haben soll. Man nimmt alsdann einen Zirkel, öffnet ihn auf $1^1/_4$ dieser Theilung, und beschreibt alsdann mit diesem Halbmesser auf jeder Seite der Theilung Bogen von dem Theilriß A bis zu dem äußern Kreise DD. Setzt man daher die Zirkelspitze in die Theilung e, so wird auf der einen Seite des Zahns die Curve fg und auf der andern die no verzeichnet. Darauf wird die Zirkelspitze in die nächste Theilung k gesetzt und die Curve lm beschrieben, wodurch der gekrümmte Theil des Zahnes e vollendet ist. Dasselbe geschieht mit jedem Zahn. Der übrige Theil des Zahnes, innerhalb des Theilrisses AA, wird durch zwei gerade Linien begränzt, die von den Punkten g und m nach dem Mittelpunkt gezogen werden, wie bei der vorhergehenden Methode bemerkt worden ist. Ist dieß ringsum geschehen, so werden die Zähne nach den vorgezeichneten Linien ausgeschnitten und das Rad ist alsdann fertig, um als hölzernes Rad, oder als Modell zum Einformen eines in Eisen abzugießenden, benutzt zu werden.

Es sind auch noch andere Methoden zur Construction der Zähne vorgeschlagen, von denen wir folgende mitthei-

len. Es drücke der Zahn von A (Fig. 4) gegen den Zahn von B, an dem Punkte C, so ziehe man die Linie FCDE senkrecht auf die sich in C berührenden Oberflächen. Man ziehe ferner AFBE senkrecht auf FE und und man lasse FE die Linie AB in D schneiden. Nun ist es aus den gewöhnlichen mechanischen Sätzen klar, daß wenn die, auf die angegebene Weise gezogene Linie FE stets durch denselben Punkt C geht, die gegenseitige Wirkung der Räder stets dieselbe sein wird, die Stellung des wirkenden Zahns mag sein, welche sie wolle. Allein diese Construction ist einer Beschränkung unterworfen, die nicht unberücksichtigt gelassen werden darf. Der Zahn muß so gemacht werden, daß auf den gekrümmten Theil von dem Zahn von B ein gerader Theil des Zahns von A wirkt, bis daß er im Verlauf seiner Wirkung zu der Linie AB gelangt, worauf die gekrümmten Theile von A auf die geraden von B wirken, oder die ganze Wirkung von A oder B entweder vollendet ist, oder an der Linie AB, welche die Mittelpunkte der Räder verbindet, nur beginnt.

Die folgende Gestalt der Zähne sichert die vollkommene Gleichförmigkeit der Wirkung, ohne die obige Beschränkung, erfordert aber eine sehr genaue Ausführung. Man bilde die Zähne der Räder durch Abwickelung ihrer Peripherie durch die Kreisevolvente, d. h. man lasse die wirkende Fläche GCH des Zahnes A die Gestalt einer Curve haben, welche durch das Ende des, von der Peripherie abgewickelten Fadens FC gebildet wird. Eben so werde die wirkende Fläche des Zahnes B dadurch gebildet, daß man einen Faden von der Peripherie abwickelt. Es ist klar, daß die Linie FCE, welche senkrecht auf den sich in dem Punkte C berührenden Oberflächen steht, genau die Richtung der Lage der sich abwickelnden Fäden ist, mittelst denen die beiden wirkenden Oberflächen gebildet werden. Die Linie muß daher die gemeinschaftliche Tangente der beiden Kreise oder Peripherien der Räder sein, und wird daher die Linie AB stets in demselben Punkt D schneiden. Diese Gestalt gestattet, daß die Zähne durch die ganze Ausdehnung der Linie FCE auf einander wirken und daher mehre Zähne zu gleicher Zeit. Indem auf diese Weise der Druck zwischen mehren Zähnen vertheilt wird, vermindert er seine Quantität auf einem und daher die Friction ganz bedeutend. Die ganze Seite eines drei Zoll langen Zahns, der einem Rade von zehn Fuß Durchmesser angehört und welcher auf den Zahn eines Rades von zwei Fuß Durchmesser wirkt, beträgt nur $^1/_{16}$ Zoll, daher eine gänzlich unbedeutende Größe.

Ehe wir den Gegenstand verlassen, wollen wir jedoch noch eine von Hrn. Tredgold vorgeschlagene Methode, die Zähne zweier Räder oder eines Rades und Getriebes, die in einander eingreifen, zu theilen, beschreiben, wobei er die Zähne des kleinen Rades oder Getriebes die Triebstöcke eines Trillings vorstellen läßt. Die Zähne seien wie gewöhnlich auf den Theilrissen EE und FF, Fig. 5, getheilt und auf dem Rade C beschreibe man Kreise, gleich den Triebstöcken. Man nehme nun an, daß der Mittelpunkt von einem dieser Triebstockzähne in der Mittelpunktslinie bei A liege und man ziehe die Linie AB, welche die Mittelpunkte der Triebstockzähne verbindet. Der Halbmesser Ab wird alsdann von dem Punkt A aus die gekrümmte Seite bc des Zahns von dem treibenden Rade beschreiben,

so wie auch den gekrümmten Theil ba des getriebenen Rades, und da dieser Halbmesser gleich der Theilung, weniger der Hälfte des Durchmessers von dem Kreise des triebstockartigen Zahns ist, und da endlich die Mittelpunkte stets in dem Theilriß der Räder liegen, so lassen sich alle andern Zähne leicht verzeichnen.

Winkel- oder konische Räder können als aus zwei Kegeln, deren Oberflächen sich an einander wälzen, angesehen werden. So kann man CD und DE, Fig. 6, als die Grundflächen zweier Kegel betrachten, die sich um ihre Mittelpunkte drehen und die mit Zähnen versehen sind, welche von dem Scheitel B nach der Basis CD und DE divergiren; da aber die Zähne in der Nähe der Spitze von dem Kegel klein und von geringem Nutzen sind, so können sie bei G und H weggeschnitten werden. Man kann die Zähne von jeder Breite machen, nach der Last, die sie zu überwinden haben, und dieß ist sehr wichtig, weil sie auf diese Weise einen weit größern Widerstand überwinden und weit sanfter gehen können, als ein Kammrad und ein Triebstock nach der alten Einrichtung. Außerdem sind die Winkelräder geeignet, die Bewegung nach jeder Richtung oder nach jedem Theile eines Gebäudes weit leichter und mit einer geringern Friction fortzupflanzen, als Räder von irgend einer andern Construction.

Die Wirkung der Zähne der Winkelräder (bevelled gear) ist der der gewöhnlichen Zahnräder genau ähnlich, und da die Abnahme der Zähne nach dem Scheitel des Kegels in beiden Rädern in gleichem Verhältniß steht, so kann dieselbe Form der Zähne, wie wir sie beschrieben haben, angewendet werden. Dagegen ist ihre Construction etwas schwieriger. Es sei CD, Fig. 6, ein Winkelrad, ein Theil von dem Kegel CBD und AB seine Axe. Der Kegel ACD sei wechselsweise beschrieben, oder seine schieflaufende Höhe stehe rechtwinklig auf CBD, so ist es klar, daß dieser Kegel die Zähne rechtwinklig schneidet und folglich, daß die wirkliche Form derselben auf seiner Oberfläche dargestellt werden kann. Man sieht auch leicht ein, daß die Oberfläche dieses Kegels auf einer Fläche entwickelt werden kann, indem man ihn rund um seinen Scheitel, wie um einen Mittelpunkt, aufrollt, und daß daher die wirklichen Eindrücke der Zähne auf diese Weise gemacht werden. Der Theilriß CD wird daher der Sector eines Kreises sein, der die geneigte Höhe BC zum Halbmesser hat.

Es kann daher dies umgekehrte Verfahren bei der Construction der Zähne von Winkelrädern angewendet werden, und Hr. Tredgold empfiehlt die Anfertigung von zwei oder drei Patronenzähnen aus Kupferblech oder von irgend einem andern biegsamen Material, sowohl für die breitere, als auch für die schmälere Seite des Zahns.

Stärke der Radzähne. — Nachdem wir nun einige von den am meisten praktischen Verfahrungsarten der Construction der Radzähne beschrieben haben, ist es zweckmäßig, einige kurze Bemerkungen über die Stärke zu machen, welche die Zähne, im Verhältniß zu dem Widerstande, den sie zu leisten, haben müssen. Es ist dieß aber eine einfache Frage; denn da der Druck auf dem Theilrisse statt findet, so können die Zähne als ein Balken betrachtet werden, der an seinem einen Ende befestigt ist und an dem andern einen Druck erleidet; wenn demnach die Länge, Breite und Dicke gegeben ist, so kann die Stärke leicht gefunden wer-

den.*. Ist daher der Druck, die Länge und die Dicke eines Zahns gegeben, so kann seine Breite, wenn das Material Gußeisen ist, durch folgende Regel gefunden werden.

Man multiplicire den Druck an dem Theilrisse mit der Länge des Zahnes bis zu dieser Linie in Zollen, und dividire das Product mit 2544 Mal dem Quadrat der Stärke, und der Quotient wird die Breite in Zollen angeben.

Wenn daher der Druck an dem Theilriß eines Rades 6000 Pfund beträgt, die Stärke der Zähne 1 ½ und die Länge 3 Zoll und man will die Breite wissen, so macht man folgenden Ansatz:

$$\frac{6000 \times 3}{2544 \times 1{,}5^2} = 3{,}14 \text{ Zoll} = \text{der Breite.}$$

Eine solche Rechnung ist jedoch selten erforderlich, weil die Breite der Zähne gewöhnlich die durch die Stärke des Druckes bedingte bei weitem übertrifft. Die geschicktesten Mühlenbauer nehmen für die Breite der Räder, und folglich auch der Zähne, ungefähr das Zwei- oder Dreifache von der Theilung.

Die folgende Tabelle ist als ein Beispiel für Theilung und Dimensionen der Zähne anzusehen, so wie sie an wirklich ausgeführten und sehr gut wirkenden Rädern vorhanden sind; auch die Pferdekräfte und die Geschwindigkeit sind angegeben.

Tabelle
über die Theilung und die Dimensionen von Radzähnen, nebst Angabe der Pferdekräfte, denen sie Widerstand zu leisten haben.

Theilung der Zähne in Zollen.	Stärke der Zähne in Zollen.	Breite der Zähne in Zollen.	Länge der Zähne in Zollen.	Pferdekraft bei 2,27 Fuß in der Secunde.	Pferdekraft bei 3 Fuß in der Secunde.	Pferdekraft bei 6 Fuß in der Secunde.	Pferdekraft bei 11 Fuß in der Secunde.
4,2	2,0	8,0	2,40	13,33	17,61	35,23	64,6
3,99	1,9	7,6	2,28	13,03	15,90	31,80	58,30
3,78	1,8	7,2	2,16	10,80	14,27	28,54	52,32
3,57	1,7	6,8	2,04	9,63	12,72	25,54	46,68
3,36	1,6	6,4	1,92	8,53	11,27	22,54	41,32
3,15	1,5	6,0	1,80	7,50	9,91	19,82	36,33
2,94	1,4	5,6	1,68	6,53	8,63	17,26	31,64
2,73	1,3	5,2	1,56	5,63	7,44	14,88	[illegible]5,28
2,52	1,2	4,8	1,44	4,80	6,34	12,68	[illegible]3,22
2,31	1,1	4,4	1,32	4,03	5,32	10,64	19,54
2,10	1,0	4,0	1,20	3,33	4,40	8,81	16,15
1,89	0,9	3,6	1,08	2,70	3,57	7,14	13,09
1,68	0,8	3,2	0,96	2,13	2,84	5,62	10,33
1,47	0,7	2,8	0,84	1,63	2,15	4,30	7,88
1,26	0,6	2,4	0,72	1,20	1,59	3,18	5,83
1,05	0,5	2,0	0,60	0,83	1,10	2,20	4,03

* Die Erfahrungen über die Stärke und Festigkeit der Materialien müssen wir hier als bekannt voraussetzen, indem es uns zu weit führen würde, den Gegenstand auf eine, den Praktiker befriedigende Weise abzuhandeln. Die neuern und besten Erfahrungen findet man trefflich zusammengestellt vom Prof. Burg zu Wien, in den Jahrbüchern des polytechnischen Instituts, Band 19, S. 41 — 93.

Es muß noch bemerkt werden, daß das herrschende Verhältniß in dieser Tabelle das ist, daß die Theilung das 2,1 fache von der Breite des Zahns und die Länge das 1,2 fache von derselben ist. Jedoch sind die Angaben verschiedener Maschinenbauer sehr verschieden, so daß keine bestimmte Regel gegeben werden kann.

Das Verhältniß zwischen den proportionalen Halbmessern eines Rades und der Anzahl so wie der Theilung seiner Zähne ist übrigens bestimmt, und der Engländer Bryan Donkin hat darüber Tabellen mitgetheilt, welche die verschiedenen Halbmesser der Räder mit einer Theilung von 2 Zoll, von 10 bis zu 300 Zähnen, zeigen und die sehr nützlich sind. Herr Barlow hat diese Tabellen auf 1 Zoll Theilung reducirt und dadurch noch vereinfacht. Es ist daher nur nöthig, die Zahlen, die in der Tabelle neben denjenigen stehen, welche die Anzahl der Zähne bezeichnen, mit der vorgeschlagenen Theilung zu multipliciren; das Product wird alsdann der verhältnißmäßige Halbmesser, von dem Mittelpunkte bis zum Theilkreise gemessen, sein.

Das Prinzip, worauf die Tabelle gegründet worden, ist einleuchtend. Wenn wir 360° mit dem Doppelten der Zähnezahl multipliciren, so erhalten wir den halben Winkel von dem, welchen die Theilung mit dem Mittelpunkte macht, und die Cosecante dieses Winkels zu einem Radius, der gleich der Hälfte der Theilung, ist offenbar der gesuchte Halbmesser. Wir können daher die Regel in der folgenden allgemeinen Formel darstellen:

$$\text{der Halbmesser des Rades} = \frac{1}{2}\,p \times \text{cosec.}\,\frac{180^\circ}{\text{Anz. d. Zähne}}$$

In der folgenden Tabelle ist $p = 1$; man multiplicire daher für jeden andern Fall die Zahl in der Tabelle mit der Theilung für den verlangten Radius.

Bemerkung. Bei jeder größern Anzahl von Zähnen als die in der Tabelle angegebene, wird man hinlänglich genau zu Werke gehen, wenn man die Hälfte der gegebenen Zahl nimmt und das Resultat verdoppelt; allein für jede Zahl unter 10 ist es besser, der allgemeinen Formel zu folgen.

Tabelle
über die Halbmesser der Räder, welche von ihrer Theilung und von der Anzahl der Zähne abhängen.

Anzahl der Zähne.	Proportionaler Halbmesser	Anzahl der Zähne.	Proportionaler Halbmesser.	Anzahl der Zähne.	Proportionaler Halbmesser.	Anzahl der Zähne.	Proportionaler Halbmesser.	Anzahl der Zähne.	Proportionaler Halbmesser.	Anzahl der Zähne.	Proportionaler Halbmesser.
10	1,618	41	6,532	72	11,463	103	16,395	134	21,328	165	26,262
11	1,774	42	6,691	73	11,622	104	16,554	135	21,488	166	26,421
12	1,932	43	6,850	74	11,781	105	16,713	136	21,647	167	26,580
13	2,089	44	7,009	75	11,940	106	16,873	137	21,806	168	26,739
14	2,247	45	7,168	76	12,099	107	17,032	138	21,965	169	26,899
15	2,405	46	7,327	77	12,258	108	17,191	139	22,124	170	27,058
16	2,563	47	7,486	78	12,417	109	17,350	140	22,283	171	27,217
17	2,721	48	7,645	79	12,576	110	17,509	141	22,442	172	27,376
18	2,879	49	7,804	80	12,735	111	17,668	142	22,602	173	27,535
19	3,038	50	7,963	81	12,895	112	17,827	143	22,761	174	27,694
20	3,196	51	8,122	82	13,054	113	17,987	144	22,920	175	27,853
21	3,355	52	8,281	83	13,213	114	18,146	145	23,079	176	28,013
22	3,513	53	8,440	84	13,371	115	18,305	146	23,238	177	28,172
23	3,672	54	8,599	85	13,531	116	18,464	147	23,397	178	28,331
24	3,830	55	8,758	86	13,680	117	18,623	148	23,556	179	28,490
25	3,989	56	8,917	87	13,849	118	18,782	149	23,716	180	28,649
26	4,148	57	9,076	88	14,008	119	18,941	150	23,875	181	28,808
27	4,307	58	9,235	89	14,168	120	19,101	151	24,034	182	28,967
28	4,465	59	9,394	90	14,327	121	19,260	152	24,193	183	29,126
29	4,624	60	9,553	91	14,486	122	19,419	153	24,352	184	29,286
30	4,783	61	9,712	92	14,645	123	19,578	154	24,511	185	29,445
31	4,942	62	9,872	93	14,804	124	19,737	155	24,670	186	29,604
32	5,101	63	10,031	94	14,963	125	19,896	156	24,830	187	29,763
33	5,260	64	10,190	95	15,122	126	20,055	157	24,989	188	29,922
34	5,419	65	10,349	96	15,281	127	20,214	158	25,148	189	30,081
35	5,578	66	10,508	97	15,440	128	20,374	159	25,307	190	30,241
36	5,737	67	10,667	98	15,600	129	20,533	160	25,466	191	30,400
37	5,896	68	10,826	99	15,759	130	20,692	161	25,625	192	30,559
38	6,055	69	10,985	100	15,918	131	20,851	162	25,784	193	30,718
39	6,214	70	11,144	101	16,077	132	21,010	163	25,944	194	30,877
40	6,373	71	11,303	102	16,236	133	21,169	164	26,103	195	31,036

Anzahl der Zähne	Proportionaler Halbmesser.	Anzahl der Zähne.	Proportionaler Halbmesser.	Anzahl der Zähne.	Proportionaler Halbmesser.	Anzahl der Zähne.	Proportionaler Halbmesser.	Anzahl der Zähne.	Proportionaler Halbmesser.	Anzahl der Zähne.	Proportionaler Halbmesser.
196	31,196	213	33,901	230	36,607	247	39,312	264	42,018	281	44,723
197	31,355	214	34,060	231	36,766	248	39,471	265	42,177	282	44,882
198	31,514	215	34,219	232	36,925	249	39,630	266	42,336	283	45,042
199	31,673	216	34,378	233	37,084	250	39,790	267	42,495	284	45,201
200	31,832	217	34,537	234	37,243	251	39,949	268	42,654	285	45,360
201	31,991	218	34,697	235	37,402	252	40,108	269	42,813	286	45,519
202	32,150	219	34,856	236	37,561	253	40,267	270	42,973	287	45,678
203	32,310	220	35,015	237	37,720	254	40,426	271	43,132	288	45,837
204	32,469	221	35,174	238	37,880	255	40,585	272	43,291	289	45,996
205	32,628	222	35,333	239	38,039	256	40,744	273	43,450	290	46,156
206	32,787	223	35,492	240	38,198	257	40,904	274	43,609	291	46,315
207	32,996	224	35,652	241	38,357	258	41,063	275	43,768	292	46,474
208	33,105	225	35,811	242	38,516	259	41,222	276	43,927	293	46,633
209	33,264	226	35,970	243	38,675	260	41,381	277	44,087	294	46,792
210	33,424	227	36,129	244	38,835	261	41,540	278	44,246	295	46,951
211	33,583	228	36,288	245	38,994	262	41,699	279	44,405	296	47,111
212	33,742	229	36,447	246	39,153	263	41,858	280	44,564	297	47,270

Construction der Räder.

Früher wurden die Zahnräder von Holz gemacht und zuweilen wird dieß Material noch jetzt dazu angewendet; später fand man aber, daß gußeiserne Räder weit stärker, genauer und dauerhafter seien. Die Kränze der hölzernen Räder bestehen gewöhnlich aus mehren Stücken oder Felgen, welche aus Bohlen geschnitten, in doppelter oder dreifacher Lage, mit abwechselnden Fugen oder Stößen zusammengesetzt und mittelst hölzerner Nägel verbunden sind. Aus je weniger Theilen ein Radkranz besteht, um so einfacher und fester ist sein Bau; wenn aber die Räder klein und die Felgen lang sind, sonach die Jahre des Holzes stark überschnitten werden, so leidet dadurch auch die Festigkeit. Aus dieser Ursache pflegt man die gewöhnlichen Räder aus 6—8 Felgen anzufertigen und selbst bei kleinern nicht weniger als 4 Felgen in einer Lage anzunehmen. Fig. 7 zeigt den Aufriß eines hölzernen Stirnrades, dessen Kranz aus drei Lagen von Felgen besteht. Die mittlere Felgenlage besteht aus 6 Stücken, die an der inneren Seite gerade sind, wie a a zeigt, worin die Arme eingelassen und mit Bolzen befestigt sind. Auf jeder Seite der mittlern Felgen liegt eine andere Lage, b b, die auch nach innen zu nach der Peripherie ausgeschnitten ist. Die Fugen der letztern liegen über der Mitte der mittlern Felgen, und alle drei sind, wie schon bemerkt, mit Nägeln verbunden. Die Kämme oder Kammen sind in Löchern in der Peripherie des Rades befestigt und werden jeder durch einen, durch den Radkranz und den Stiel des Kammes getriebenen, oder auf der innern Seite des Kranzes vorgeschlagenen Nagel, in ihrer Lage erhalten. Die Arme der hölzernen Räder werden auf verschiedene Weise construirt; zuweilen gehen sie durch die gelochte Welle, und die Enden treten in Zapfenlöcher in den mittlern Felgen a a und werden dort mittelst Bolzen befestigt. Diese Art der Verbindung der Arme mit dem Kranz zeigt sich bei 1 (Fig. 8); allein sie ist nicht die beste, weil durch das Zerlochen die Welle sehr bedeutend geschwächt wird, und es hält schwer, ein solches Rad abzunehmen, wenn dieß wegen Auswechselung der Welle erforderlich ist. Es ist daher weit zweckmäßiger, die Arme (claps-arms im Engl. gen.) um die Welle zu legen, wie Fig. 7 zeigt. Es werden alsdann vier Arme angewendet, die übereinander geplattet sind und einen Rahm bilden, wie man aus der Figur ersieht, die in der Mitte eine quadratische Oeffnung haben und an ihren Enden mit dem Kranz durch Bolzen verbunden sind. Um ein solches Rad auf der Welle zu befestigen, werden mit derselben zuvörderst Stücke Holz verbunden, so daß sie auch quadratisch wird. Ueber diesen Theil wird nun das Rad geschoben und ringsum mit hölzernen Keilen befestigt. Da die quadratische Oeffnung zwischen den Radarmen weiter, als die Welle stark ist, so kann man die richtige Stellung des Rades durch das Verkeilen bewirken. Kammräder, wie Fig. 8, sind zuweilen mit Strebearmen, 1, versehen, die von dem Kranz zu der Welle gehen und in die letztere eingezapft sind, wie die punktirten Linien andeuten. Dadurch wird das Rad sehr stark und hält es unerschütterlich fest auf der Welle, welches sehr nothwendig ist, da die Wirkung der Zähne eines Kammrades und eines Getriebes oder Drehlings die ist, das Rad aus seiner senkrechten Stellung auf der Welle zu verdrängen, welches die Strebearme verhindern. Zuweilen werden auch zwei Lagen von Armen angewendet, welche zu jeder Seite der mittlern Felgen des Rades eingezapft und an den vier Punkten der Peripherie durch einen Bolzen mit dem Rade verbunden werden, der sowohl durch die drei Felgenlagen, als auch durch die beiden, aneinander liegenden Arme geht. Es wird dadurch ein bedeutender Grad von Festigkeit erlangt. Kleine Räder und Drehlinge macht man ohne Arme, sondern befestigt sie unmittelbar auf der Welle. Man macht die mittlere Lage aus vier Bohlenstücken, die durch Ueber-

platten und durch Nägel mit einander verbunden werden, und zu beiden Seiten liegen bei den Rädern Felgenlagen auf, die wie gewöhnlich aus Kreissegmenten bestehen, die über die Fugen der mittlern Lage greifen und ebenfalls durch hölzerne Nägel mit denselben verbunden sind. Diese mittlere Lage hat eine quadratische, über die Welle greifende Oeffnung. Die Scheiben der Drehlinge werden mit einem eisernen Bande umgeben, um das Reißen derselben zu verhindern, welches um so leichter der Fall ist, da die Löcher zur Aufnahme der Triebstöcke in der Nähe der äußern Peripherie eingebohrt oder eingemeißelt werden. Kleine Triebstöcke oder Getriebe werden aus einem Klotz gemacht und die Zähne werden auf ähnliche Weise, wie die Speichen in die Nabe eines Wagenrades, darin eingesetzt.

Die Zähne der eisernen Räder werden entweder sogleich an die Kränze gegossen, oder es sind zur Aufnahme hölzerner Zähne Zapfenlöcher in denselben vorhanden, je nach der Anwendung der Räder. Zwei Zahnräder bewegen sich leichter und mit weniger Reibung und Geräusch mit einander, wenn das eine hölzerne und das andere eiserne Zähne hat. In diesem Fall sind die hölzernen Zähne etwas stärker als der Raum zwischen zweien derselben, ungefähr um $^1/_4$ mehr als die Stärke der Zähne, während bei dem eisernen Rade die Zwischenräume in demselben Verhältniß weiter und die Zähne schwächer sind. Gewöhnlich ist das eiserne Rad das kleinere, das hölzerne das größere. Weißbuchenes ist das beste Holz zu den Zähnen, oder Kammen, oder Triebstöcken, da es bei längerem Gebrauch nicht splittert und eine sehr glatte Oberfläche annimmt. Die Zähne werden durch eiserne Stifte, welche dicht an dem innern Umfange des Radkranzes in ihre Stiele eingeschlagen werden, an ihrem Platz erhalten. Da die Oeffnungen für die Zähne selten so genau zu treffen sind, so werden diese unbearbeitet eingesetzt, auf denselben der Theilriß bestimmt, die Theilung aufgetragen, die Zähne nach gehöriger Bezeichnung oder Numerirung wieder herausgenommen, nach den betreffenden Schablonen ausgearbeitet und dann erst wieder eingesetzt. Eiserne Zähne werden gewöhnlich erst ciselirt, gehämmert und glatt gefeilt. Einige Maschinenbauer wenden die gußeisernen Zahnräder ohne weitere Bearbeitung der Zähne an, indem sie die äußere harte Gußrinde, welche durch die Bearbeitung weggenommen wird, für sehr zweckmäßig für den guten Gang und die Dauer der Räder halten. Es mag dieß richtig sein und der Einwurf würde seine volle Kraft haben, wenn es möglich wäre, die Zähne vollkommen rund und glatt und sämmtlich gleich groß zu gießen; allein da dieß bei dem jetzigen, obwohl vollkommensten Stande der Eisengießerei nicht gelingen kann, so ist es besser, die Zähne zu ciseliren und abzufeilen. Eine genaue Form der Zähne ist weit eher zu berücksichtigen als die Qualität ihrer Substanz.

Wenn eiserne Räder nicht größer, als acht oder zehn Fuß sind, so müssen sie in einem Stück gegossen werden; allein sind sie größer, so zerspringen sie zu leicht beim Abkühlen, indem eine ungleiche Zusammenziehung zwischen den schwächern Armen und den stärkern Kränzen stattfindet. Jene werden daher eher kalt und trennen sich folglich durch ihre größere Zusammenziehung von dem Kranz, oder sie bringen denselben aus seiner genauen Form und ertheilen den Armen eine stete Tendenz, bei dem geringsten Stoß

oder bei einer geringen Erschütterung zu zerbrechen. Aus diesem Grunde werden die Arme der größern Räder besonders gegossen und mit dem Kranz, durch die, an diesem befindlichen Laschen a, Fig. 9, und durch Schraubenbolzen verbunden. Figur 9 ist die Darstellung zweier Hälften eines Rades, von dem die eine im Ganzen, die andere in zwei Stücken, d. h. Kranz und Arme besonders, gegossen worden ist.

Sind die Räder noch größer, haben sie zwölf oder vierzehn Fuß im Durchmesser, so müssen sie in noch mehren Stücken gegossen werden, weil sie sonst so unbehülflich werden, daß es nicht allein schwer ist, sie zu gießen, sondern auch, wegen ihrer Schwere und Größe unbequem, sie zusammen zu setzen. Die Art und Weise, die einzelnen Theile der größern Räder, d. h. von 14 bis 20 und 24 Fuß Durchmesser, zu verbinden, ist eine sehr schwierige Sache und die Maschinenbauer sind darüber durchaus nicht einig. Die als am zweckmäßigsten erachtete ist in Fig. 10 dargestellt, wobei das Rad in 5 Stücken gegossen ist, nämlich die Arme in zweien und der Kranz in dreien. Ein hölzernes Modell dient zum Einformen der drei Theile des Kranzes und eins für die beiden Theile der Arme. Die Theile der Arme sind an der Nabe mittelst zweier angegossener, vorspringender Laschen aa zusammengeschroben, und zuweilen ist um die Nabe oder den Wellkranz noch ein schmiedeeisernes Band, bb, gelegt, welches von einem vertieften Ringe aufgenommen wird. Mit dem Kranz werden die Arme auf dieselbe Weise verbunden, wie weiter oben bemerkt worden ist. Die Theile des Kranzes werden mittelst Laschen, welche rechtwinklig auf der Peripherie stehen und daran gegossen sind, und durch Bolzen und Schrauben mit einander verbunden, wie man bei c sieht. An einem von den Laschen einer jeden Verbindung ist ein vorspringendes Stück vorhanden (von den englischen Mühlenbauern Chipping pieces genannt), wodurch das genaue Aneinanderpassen der verschiedenen Theile bewirkt wird, welches sonst viel Mühe und Arbeit kosten würde. Fig. 11 stellt eine andere Art, die Theile des Rades mit einander zu verbinden, dar, welche aber nur bei Rädern von sehr bedeutender Größe angewendet wird. Der Wellkranz ist dabei aus einem einzigen Stück gegossen und endigt in Laschen, mit denen die ebenfalls mit Laschen versehenen Arme mittelst Bolzen und Schrauben verbunden werden. Die Arme werden in drei oder vier verschiedenen Stücken gegossen; jedes Stück besteht aus einem Arm AA und aus der Hälfte der beiden Arme BB, CC, und ist mit dem Wellkranz und mit den benachbarten Armstücken mittelst Laschen und mit Schrauben und Muttern verbunden, wie DDD und aa zeigen. Die Verbindung der Armstücke mit den Kranzstücken und die der letztern untereinander, ist den bereits oben beschriebenen gleich. Um das Gewicht eines so großen Rades zu vermindern, pflegt man auch wohl die Arme von Holz und nur den Wellkranz und den Zahnkranz von Gußeisen zu machen.

Hin und wieder ist es erforderlich, ein Zahnrad an einer Welle anzubringen, die schon in ihrer Lage befindlich ist und nicht füglich aus derselben entfernt werden kann. Die Räder müssen alsdann, mag ihr Durchmesser auch noch so gering sein, in zwei Hälften gegossen werden, wozu nur ein Modell nöthig ist. Beide Hälften können

entweder auf die in Fig. 10 dargestellte Weise an dem Well- und an dem Radkranz, oder längs der Arme, wie in Fig. 11, miteinander verbunden werden.

Die Art und Weise, wie die Räder auf den Wellen befestigt werden (**Hanging wheels**), ist eine Operation, von deren Genauigkeit der gute Gang der Maschine größtentheils abhängt. Gewöhnlich geschieht das Hängen der Räder auf den Wellen, ehe die Zähne eingesetzt worden sind, oder wenn dieß nicht thunlich ist, so werden sie zu dem Ende einstweilen auf einer Welle befestigt, die sich um Zapfen bewegt. Dieß ist besonders bei hölzernen Rädern der Fall. Es wird bei denselben zuvörderst untersucht, ob der Umkreis richtig concentrisch sei; ist dieß nicht der Fall, so wird die richtige Kreislinie auf dem Kranz bemerkt und dieser wird alsdann darnach bearbeitet. Darauf wird die Peripherie getheilt und es werden die Zapfenlöcher zur Aufnahme der Stiele von den Kämmen eingearbeitet. Die Kämme werden größer als sie sein sollen, so daß, nachdem ihre wahre Figur darauf bezeichnet worden, sie wieder herausgenommen und ausgearbeitet werden können, ohne daß ihre richtige Stellung von der Genauigkeit des Zapfenloches abhängt, welches sie aufnimmt. Eiserne Räder werden, wie schon bemerkt, auf eine andere Weise behandelt. Sie werden in einer, nach einem genauen hölzernen Modell angefertigten Form abgegossen. Die Zähne sind entweder an dem Kranze angegossen, oder es sind in demselben Löcher zur Aufnahme der Stiele hölzerner Kämme vorhanden. Der Kranz bildet stets einen richtigen Kreis und muß daher genau concentrisch auf der Welle befestigt werden, statt daß bei hölzernen Rädern die genaue Kreislinie erst wenn das Rad selbst auf der Welle sitzt, gemacht wird. Um die genaue Centrirung der eisernen Räder auf der Welle bewirken zu können, wird die Oeffnung in dem Wellkranze etwas weiter gemacht, als die Welle, auf welcher das Rad befestigt werden soll, stark ist, und die Befestigung selbst wird mit Keilen bewirkt, indem man auf diese Weise im Stande ist, den Mittelpunkt des Rades genau in den der Welle, und jenes selbst in eine genau senkrecht auf der letztern stehende Richtung zu bringen. Die Art und Weise, wie die Keile angebracht werden, geht aus den Figuren 9 und 10 hervor, in denen man acht Keile rings um die Welle sieht. Man wird leicht einsehen, daß mittelst derselben das Rad sehr genau befestigt werden kann, denn die Ungenauigkeit der Centrirung zeigt sich sogleich, wenn man das Rad umlaufen läßt, und die Keile auf der einen Seite müssen daher stärker angetrieben, die auf der entgegengesetzten dagegen losgezogen werden; und hiermit fährt man so lange fort, bis daß alle Punkte der Peripherie gleichweit von dem Mittelpunkt entfernt sind. Um nun die richtige Befestigung der Räder auf der Welle um so leichter und sicherer zu erreichen, besteht jeder Keil aus zwei Hälften, die von den entgegengesetzten Seiten über einander geschoben werden können. Eben so leicht zeigt sich jede Abweichung von der senkrechten Stellung des Rades auf der Welle, wenn man beide mit einander umdreht.

Dieß ist die gewöhnliche Methode des Radhängens, und bei größern Rädern ist sie die einzige anwendbare. Kleinere und leichtere Räder können aber weit besser noch auf der Drehbank centrirt und justirt werden. Auf der einen Seite

wird das Rad genau concentrisch in der Patrone befestigt, auf der andern wird ein kleines konisches Loch in den Mittelpunkt der Welle gebohrt, in welches die Spitze oder der Reitnagel tritt. Der Kranz wird nun genau abgedreht, dann der Theilriß bemerkt, und die Theilung und das Ausschneiden der Zähne geschieht dann auch durch Maschinen, auf welche wir in der ersten Abtheilung des zweiten Bandes wieder zurückkommen.

Von der Construction der Schwungräder.

Da der Vortheil der Schwungräder in der bewegenden Kraft besteht, die an ihrer Peripherie hervorgebracht worden ist, so wird die größtmögliche Masse des Metalls, gewöhnlich Gußeisen, in den Kranz und in die Arme gebracht. Letztere bestehen zuweilen aus Holz, häufig aus Gußeisen, selten aus geschmiedetem Eisen. Holz ist bei gleichen Gewichtsmengen stärker als Eisen, allein die Zusammenfügungen lassen sich mit dem letzern besser als mit jenem bewerkstelligen, so daß die Arme gewöhnlich aus demselben Material bestehen, wie der Kranz, welcher, wie schon bemerkt, größtentheils aus Gußeisen besteht. Nur bei sehr großer Geschwindigkeit kann Schmiedeeisen empfohlen werden; wir wissen aber nicht genau, ob es überall in Anwendung gekommen ist. Tredgold sagt, daß acht Fuß in der Secunde eine gute Geschwindigkeit sei, wenn Kranz und Arme beide aus Gußeisen bestehen; daß bei einer Geschwindigkeit über zwölf Fuß die Arme aus Stabeisen bestehen müßten, und daß 33 Fuß überall die größte zu gestattende Geschwindigkeit für ein Schwungrad sei.

Die Construction der Schwungräder ist der der großen Zahnräder sehr ähnlich, und bestehen gewöhnlich aus einer gewissen Anzahl von Stücken, die durch Schraubenbolzen mit einander verbunden sind. So wie nun bei den letztern eine genaue Zusammenfügung der zu erlangende Gegenstand ist, so ist bei dem Schwungrade eine starke Verbindung der einzelnen Theile die Hauptsache, damit sie dem Bestreben, durch die große Geschwindigkeit zerbrochen zu werden, zu widerstehen im Stande sind. Tafel III., Figur 15 ist die Darstellung einer sehr gewöhnlichen Art der Construction der Schwungräder; der Durchschnitt des Kranzes ist rechteckig, und derselbe ist in einer größern oder geringern Anzahl von Stücken gegossen, je nachdem der Durchmesser größer oder kleiner ist. Die verschiedenen Segmente des Kranzes sind mittelst Laschen an jedem Ende derselben, wie a der Seitenansicht zeigt, zusammen geschroben. Die Arme bestehen zuweilen aus zwei Theilen, welche im Wellringe zusammengeschroben sind, oder der Wellring ist besonders gegossen und die Arme werden daran geschroben (Fig. 15), wie bereits bei den großen Zahnrädern beschrieben worden ist. Bei der erstern Einrichtung des Wellringes der Schwungräder ist derselbe, um ein Zerreißen durch die Centrifugalkraft möglichst zu vermeiden, mit einem Ringe von Stabeisen umgeben, wie aus Figur 16, Tafel III, ersichtlich ist. Der Ring wird warm umgelegt und liegt in einer Vertiefung des Wellkranzes; durch seine Zusammenziehung beim Abkühlen vereinigt er die beiden Hälften desselben sehr stark. Die Art und Weise der Verbindung der Arme mit den Kranzstücken ist ebenfalls der, bei den großen Zahnrädern angewendeten sehr ähnlich. An dem Kranz sind Vertiefungen vorhanden, in welche Laschen,

die an die Arme gegossen werden, passen, und Schraubenbolzen mit Muttern oder Niete vollenden die Verbindung. Letztere sind bei den Schwungrädern gewöhnlicher und zweckmäßiger, um den Widerstand der Luft zu vermindern, der bei der Geschwindigkeit, mit der sie sich gewöhnlich bewegen, sehr beträchtlich ist. Die Stücke bb sind auf den Kranz gegossen, um denselben zu verstärken, da er durch die Vertiefungen zur Aufnahme der Arme an Metall verloren hat.

Zuweilen werden Schwungräder durch ein, rings um ihre Peripherie gehendes Band in Bewegung gesetzt, oder sie dienen auf diese Weise selbst zur Fortpflanzung der Bewegung; und dann haben sie die in Fig. 16 dargestellte Form. Die Arme werden mit dem Kranz in zwei Stücken gegossen, dessen Durchschnitt in der Nebenfigur zu sehen ist. Die Vereinigung der beiden Hälften des Rades geschieht auf die, schon oben beschriebene Weise mittelst Laschen, Schrauben und eines eisernen Bandes. Die Stücke dd, welche die Vertiefung bilden, in welcher der Riemen läuft, sind auf beiden Seiten an den Kranz genietet, der dort eine geringere Stärke, e, e, hat, so daß der Kranz äußerlich eine glatte Oberfläche hat, und zwar sind die äußern Kranzstücke so aufgeschroben, daß sie über die Stöße oder Fugen der mittlern greifen und eine sehr feste Verbindung der verschiedenen Theile des Kranzes bilden.

Zuweilen haben Arme und Kranz der Schwungräder ovale Querschnitte, um ein möglichst großes Gewicht und eine möglichst geringe Oberfläche zu erlangen und daher den Widerstand der Luft zu vermindern; indem derselbe und die Friction stets von der bewegenden Kraft der Maschine abgezogen werden müssen.

Wir bemerkten schon weiter oben, daß zuweilen hölzerne Arme bei der Construction der Räder angewendet werden, die dem Rade mehr Stärke geben, als gußeiserne von gleichem Gewicht, indem dadurch der Schwerpunkt weiter von der Welle des Rades entfernt wird. Die Stücke, aus denen der Radkranz besteht, sind alsdann durch Schwalbenschwänze mit einander verbunden, die alle nach einer Richtung gehen, welche die entgegengesetzte von der ist, nach welcher die Centrifugalkraft wirkt. Die Arme treten in Dillen an dem Kranz und am Wellringe und werden in denselben durch Keile befestigt. Jedoch wird von dieser Methode nur selten Gebrauch gemacht, da sie nicht so sicher als die ist, bei welcher die Arme mit dem Kranz durch Bolzen verbunden werden.

Stärke der Räder. — Das an der Peripherie des Rades wirkende Gewicht ist die ausdehnende oder ziehende Kraft, die Länge des Arms der Hebel und der von jedem Arm getragene Theil ein Bruch des Ganzen, gleich der Anzahl der Arme. Wenn daher w das in Pfunden ausgedrückte Gewicht, r der Radius des Rades in Fußen, b die Stärke, d die Breite des Arms in Zollen, unter der Voraussetzung, daß sie überall gleich sei, und n die Anzahl der Arme; wenn wir ferner durch a die Größe der zulässigen Abweichung bezeichnen, so haben wir nach Tredgold („Ueber die Stärke des Gußeisens und anderer Metalle," Leipzig 1826.)

$$\frac{w\,r^3}{2656\,n\,a} = b\,d^3.$$

Wenn daher die Breite oder die Stärke gegeben ist, so kann man die andern Dimensionen, oder das Product $b\,d^3$ finden und jede Dimension bestimmen. Wir wollen z. B. annehmen, daß das Rad einen Halbmesser von 6 Fuß und 8 Arme habe, daß das auf seine Peripherie wirkende Gewicht 1600 Pfund, und die zulässige Abweichung $^1/_{10}$ Zoll betrage, so haben wir

$$b\,d^3 = \frac{1600 \times 6^3}{2656 \times 8 \times 0{,}1} = 163.$$

Machen wir daher die Stärke $= 2\,^1/_2$ Zoll, so ist

$$d = \sqrt[3]{\frac{163}{2{,}5}} = 4{,}03 \text{ Zoll die Breite.}$$

Häufig macht man aber die Arme an dem Kranz schmäler, als am Wellring, wo der Druck am stärksten ist. Ist dieß der Fall, so nimmt man 1640 als Zähler an und das Resultat wird die Stärke und die Kubikzahl der Breite an der Welle sein. Wird ein Rad belastet, bis daß die Arme zerbrechen, so findet der Bruch in der Nähe der Welle statt. Es ist daher zweckmäßig, die Arme dort zu verstärken und dagegen an dem Kranz zu schwächen.

Von den Wellen.

Diese bestehen entweder aus Holz oder aus Eisen, obwohl man jetzt diesem letztern Material, d. h. entweder dem Guß- oder dem Schmiedeeisen, im Allgemeinen den Vorzug giebt, besonders bei allen vollkommneren Maschinenanlagen. Große hölzerne Wellen fertigt man entweder aus einem starken Eichbaum oder aus einer starken Fichte oder Kiefer an, und in ihre beiden Enden werden gußeiserne Zapfen eingelassen, so wie wir es weiter unten näher beschreiben werden. Hier wollen wir nur von den aus Guß- und Schmiedeeisen bestehenden Wellen reden. Die größern Arten derselben bestehen gewöhnlich aus Gußeisen und ihre Formen sind quadratisch, massiv, cylindrisch oder röhrenförmig. Schmiedeeiserne Wellen und Spindeln werden dagegen ganz allgemein bei den kleinern Maschinen angewendet, indem sie durch die Stöße, denen jede Maschinerie durch zufällige Umstände unterworfen ist, minder leicht zerbrechen, als dünne gußeiserne Stäbe. Vielleicht würden auch große Wellen aus demselben Grunde häufiger von Schmiedeeisen genommen werden, als es der Fall ist, wenn es nicht, wie wir in der ersten Abtheilung des zweiten Bandes sehen werden, mit so großen Schwierigkeiten verbunden wäre, sie zu schmieden, weshalb sie auch sehr theuer sind. Uebrigens mögen Material und Form der Wellen sein, welche sie wollen, so müssen die Hälse (journals), mittelst deren sie sich in den Zapfenlagern bewegen, stets cylindrisch und auf der Drehbank genau abgedreht sein, so daß, wenn wir von der Stärke der mit Hälsen versehenen Wellen reden, es diese letztern allein sind, welche berücksichtigt werden müssen. Im Allgemeinen sind die Hälse weniger stark als die Wellen. In andern Fällen müssen wir jedoch die Stärke der Welle selbst berechnen.

Die Stärke der Wellen ist für den Maschinenbauer ein Gegenstand von höchster Wichtigkeit, bei welchem aber praktische Erfahrung ein besserer Führer, als theoretische Berechnung ist. Uebrigens haben sich wissenschaftlich gebil-

dete Mechaniker damit beschäftigt, und Hr. Tredgold besonders hat einige sehr werthvolle Folgerungen gemacht, und wenn seine Resultate von den in der Praxis erlangten abweichen, so ist dieß nur in Beziehung auf die Sicherheit der Fall.

Bei Wellen sind mehre Umstände zu berücksichtigen. Sie haben zuweilen, wie z. B., wenn Wasserräder daran befestigt sind, außer der gewöhnlichen Belastung von der Kraft und dem Widerstande, ein großes Gewicht zu tragen, wodurch eine Neigung zur Biegung entsteht, der zuerst entgegengewirkt werden muß und die auf 12 Fuß Länge $^1/_{120}$ Zoll nicht übersteigen darf. Wenn es nun die Dimensionen erforderlich machen, diese Quersteifheit stärker zu machen, als für die auf die Peripherie wirkende drehende Kraft nöthig ist, so braucht diese überall nicht berücksichtigt zu werden. In andern Fällen aber, wie bei stehenden Wellen, findet wenig oder gar keine Belastung nach der Quere statt, und die Drehung allein braucht berücksichtigt zu werden. Bei langen Wellen dagegen, die einen Hals haben, auf welche die Kraft an dem einen Ende einwirkt und der Widerstand an dem andern, ist es nicht hinlänglich, die Stärke zur Begegnung der Brüche zu geben, sondern wir müssen auch hinreichende Dimensionen anwenden, um jede Drehung über eine bestimmte Größe hinaus, zu hindern; und in dem letztern Falle ist es nicht die gewöhnlich quadratische Welle, welche berücksichtigt werden muß, sondern vielmehr der nothwendig cylindrische und der Abnutzung unterworfene Hals.

Wir betrachten daher hier auch nur die Kraft, welche das Bestreben hat, die Welle durch Drehung zu zerstören, und beschränken unsere Untersuchungen nur auf die drei folgenden Formen der Querschnitte der Wellen, auf die quadratische, auf die massiv und auf die hohl cylindrische, und auf die beiden Materialien, Guß- und Stabeisen.

Hr. Tredgold hat am a. O. gezeigt, daß wenn r der Halbmesser des Rades in Fußen an der Peripherie, auf welcher die Kraft einwirkt, s die Seite eines Quadrats, oder d der Durchmesser einer Welle in Zollen, f die Metallstärke eines hohlen Cylinders und w das Gewicht in Pfunden bezeichnet, man folgende Gleichungen erhält:

Bei gußeisernen Wellen.

Quadratisch . . . . $rw = 150\, s^3$

Massiv cylindrisch . . $rw = 125\, d^3$

Hohl cylindrisch . . . $rw = 125\, d^3\, (1-p^4)$.

Bei stabeisernen Wellen.

Quadratisch . . . . $rw = 168\, s^3$

Massiv cylindrisch . . $rw = 140\, d^3$

Hohl cylindrisch . . . $rw = 140\, d^3\, (1-p^4)$.

Wobei $p = \frac{d - 2f}{d}$.

Da aber in der Praxis die Frage im Allgemeinen die Seite eines Quadrats oder den Durchmesser betrifft, so sind die Gleichungen am besten in die folgenden Formen zu bringen:

Gußeisen.

Quadratisch . . . . $s = \sqrt[3]{\frac{rw}{150}}$,

Massiv cylindrisch . . $d = \sqrt[3]{\frac{rw}{125}}$,

Hohl cylindrisch . . . $d = \sqrt[3]{\frac{rw}{125\,(1-p^4)}}$.

Stabeisen.

Quadratisch . . . . $s = \sqrt[3]{\frac{rw}{168}}$,

Massiv cylindrisch . . $d = \sqrt[3]{\frac{rw}{140}}$,

Hohl cylindrisch . . . $d = \sqrt[3]{\frac{rw}{140\,(1-p^4)}}$.

Jedoch können diese Gleichungen nur auf sehr kurze Wellen angewendet werden, bei denen der Drehungswinkel gering ist und unberücksichtigt gelassen werden kann.

Wenn dagegen die Länge der Wellen mehr als ein Viertel von dem Radius des Rades bis zu der Peripherie, auf welche die Kraft einwirkt, beträgt, so muß die Drehung berücksichtigt werden; und Hr. Tredgold hat gezeigt, daß in solch einem Falle, bei einer cylindrischen Form, der einzig zu berücksichtigenden, wir folgende Formel haben:

$$d = l^2 \left\{ \left(\frac{rw}{5{,}2\, l^3} + 5184 \right)^{\frac{1}{2}} - 72 \right\}$$

Oder, in Worten ausgedrückt, man multiplicire das Gewicht in Pfunden mit dem Halbmesser des Rades in Fußen, und dividire das Product mit dem 5,2 fachen Kubus der Länge in Fußen. Dem letztern Quotienten addire man die Zahl 5184 hinzu und von der Quadratwurzel der Summe ziehe man 72 ab.

Man nehme z. B. an, es sei erforderlich, den Durchmesser einer Wasserradwelle zu finden, deren Länge von dem Wasserrade bis zu dem Zahnrade 6 Fuß, so wie der Halbmesser des Wasserrades 9 Fuß und die größte Belastung 2000 Pfund beträgt.

Hier daher $\frac{9 \times 2000}{5{,}2 \times 6^3} = 16$ annähernd.

$\sqrt{16 + 5184} = 72{,}12$

subtrahirt $= 72{,}00$

bleiben 0,12.

Daher $0{,}12 \times 6^2 = 4{,}32$ Zoll Durchmesser.

Im Allgemeinen bestimmen aber die englischen Maschinenbauer den Widerstand, oder vielmehr das Maaß ihrer Wellen oder der Hälse und Zapfen derselben, durch die Anzahl der Pferdekräfte und die Geschwindigkeit der Schwungräder, d. h. der Widerstand verhält sich direct wie die Pferdekräfte und umgekehrt wie die Umdrehungen; denn

mit einer gegebenen Kraft wird die Geschwindigkeit um so größer sein, je geringer der Widerstand ist. Nach diesen Maaßen theilt Buchanan einige Tabellen und Formeln mit, die von schon vorhandenen und nach anerkannt guten Verhältnissen construirten Wellen entnommen worden sind. Er theilt dieselben in drei Klassen, zu deren ersten er die Schwungradwellen der Dampfmaschinen; zu deren zweiten aber solche rechnet, die in unmittelbarer Verbindung mit Wasserrädern und andern schweren Maschinentheilen stehen, und deren dritte Klasse die übrigen, für innere Maschinentheile, umfaßt. Die Formeln zum Auffinden der Durchmesser, sind die folgenden:

1. Klasse . . . . $d = \sqrt[3]{\left(\frac{h}{n} \times 420\right)}$,

2. Klasse . . . . $d = \sqrt[3]{\left(\frac{h}{n} \times 200\right)}$,

3. Klasse . . . . $d = \sqrt[3]{\left(\frac{h}{n} \times 100\right)}$,

wobei d der Durchmesser in Zollen, h die Anzahl der Pferdekräfte und n die Anzahl der Umdrehungen in einer Minute bezeichnet.

Wir haben schon bemerkt, daß, wenn mehr als eine Kraft auf ein Werk wirkt, es nothwendig und hinreichend ist, uns gegen die stärkere von den beiden zu sichern. Folgende Bemerkungen Tredgold's in seiner Ausgabe von Buchanan „practical essays on millwork" (deutsch von Jacobi unter dem Titel „Beiträge zur Mühlen- und Maschinen-Baukunst", Berlin 1825) sind von Wichtigkeit.

Alle Wellen sind einer von der Seite wirkenden Kraft und Drehung unterworfen; allein gewöhnlich ist es der Fall, daß eine von diesen Kräften die andern weit übertreffen wird, weshalb die Welle blos nach dem Widerstande der größern Kraft eingerichtet werden muß. Jedoch müssen wir zuvörderst in den Stand gesetzt sein, zu bestimmen, ob die eine oder die andere zu berechnen sei.

Der Widerstand einer Welle gegen eine von der Seite wirkende Kraft muß offenbar durch ihre Steifheit bei der Biegung gemessen werden, weil sie sonst in ihren Zapfenlagern, in den Kuppelungen rc., zu viel Spielraum haben und einen unregelmäßigen Gang der Maschine veranlassen würde. Aus einer Vergleichung schon im Gebrauch stehender Wellen scheint gefolgert werden zu können, daß für jeden Fuß Länge der hundertste Theil eines Zolles diejenige Biegung ist, welche gestattet werden kann, ohne daß die Regelmäßigkeit der Bewegung merklich angegriffen wird. Wenn bei einer gußeisernen, massiv cylindrischen Welle, w die Belastung in Pfunden, auf der Mitte der Länge derselben, l die Länge in Fußen und d den Durchmesser in Zollen bezeichnet, die Biegung in der Mitte $\frac{1}{m}$ Zoll ist, so ist $\frac{w\,l^2}{250} = d^4$ oder $w = \frac{250\,d^4}{l^2}$. (Siehe Barlow's Essay on the strength of timber, cast-iron etc. New edit. London, 1836, Art. 218.)

Wenn nun $\frac{740\,h}{v}$ die drehende Kraft an der Oberfläche der Welle, v deren Umdrehungsgeschwindigkeit in Fußen, in der Secunde, und h die größte Anzahl der Pferdekräfte,

welche zur Bewegung der Maschinerie, zu der die Welle gehört, erforderlich sind, so haben wir

$$124{,}8\,d^3 = \frac{740\,h}{60};$$

allein die Geschwindigkeit an der Oberfläche der Welle ist gleich ihrer Peripherie in Fußen, multiplicirt mit der Anzahl der Umdrehungen in Secunden. Ist diese Anzahl der Umdrehungen n, so ist $v = \frac{11\,nd}{42}$; und die Gleichung zwischen der Kraft und der Verdrehung wird auf $d^3 = \frac{3{,}78\,h}{n}$ reducirt. Es scheint daher, daß, wenn $\left(\frac{3{,}78\,h}{n}\right)^{\frac{1}{3}} = \left(\frac{w\,l^2}{250}\right)^{\frac{1}{4}}$, die drehende Gewalt gleich dem Seitendruck sein wird; daher wenn $\frac{1472}{l^2} \times \left(\frac{h}{n}\right)^{\frac{4}{3}}$ geringer als w, so muß der Durchmesser der Welle durch die Formel für den Seitendruck, und wenn es größer als w ist, so muß man den Durchmesser mittelst der Formel für die Drehung berechnen. Für diejenigen, welche im Calcül nicht sehr bewandert sind, müssen wir bemerken, daß in gewöhnlichen Fällen, wenn die Kraft in Pfunden, multiplicirt mit dem Quadrat der Länge in Fußen, weniger als 3000 ist, die drehende Gewalt größer sein wird, und im Gegentheil.

Bei einer Reihe von liegenden Wellen ist es nothwendig, die Hälse gleich der Verdrehung (twisting) zu machen, mit Hinzufügung der nöthigen Verstärkung für die Abnutzung, und es wird daher oft nöthig sein, die Welle nach beiderlei einwirkenden Kräften einzurichten. In allen Fällen aber, bei denen die Seitenwirkung geringer als $\frac{1472}{l^2} \times \left(\frac{h}{n}\right)^{\frac{4}{3}}$ ist, brauchen die Massen der Wellen nicht stärker als die Hälse zu sein.

Von den Kuppelungen.

Wenn die Bewegung bei einer Maschine weit fortgepflanzt werden soll, wie z. B. in einer Spinnerei oder Weberei, so kann man sich nicht leicht eines einzigen Wellbaumes bedienen, sondern es ist nöthig, zwei oder mehre miteinander zu verbinden. Diese Verbindungen werden Kuppelungen (Couplings engl.) genannt, und wir haben die vorzüglichsten derselben auf Tafel II zusammengestellt. Könnte man Maschinen mit mathematischer Genauigkeit construiren und wären ihre Unterstützungspunkte nicht Schwankungen, ihre Theile nicht Abnutzungen unterworfen, so würde die Fortpflanzung der Bewegung eine sehr einfache Sache sein. In der Praxis gehen aber aus den genannten Ursachen manche Schwierigkeiten hervor und es sind daher eine große Menge verschiedener Methoden vorgeschlagen worden.

Die einfachste derselben besteht darin, die Enden der miteinander zu verbindenden oder zu kuppelnden Wellen quadratisch zu machen und die sogenannte Quadratkuppelung (square coupling) anzuwenden, welche in einer Muffe von Gußeisen besteht, deren innere Dimensionen genau dieselben, wie die äußern der Enden beider Wellen sind, so daß wenn die eine Welle in Bewegung gesetzt

worden ist, die Muffe beide auf solche Weise verbindet, daß sie sich zusammen umdrehen müssen. Sollen dagegen beide Wellen außer Verbindung treten, so daß sich die eine der Wellen nicht mit der andern bewegt, so wird die Muffe gänzlich auf die eine geschoben.

Wenn die Zapfen der Wellen ganz genau in eine gerade Linie gebracht und ihre quadratischen Enden vollkommen genau in die Muffe passend gemacht werden könnten, so würde die Bewegung offenbar sehr sanft und gleichmäßig sein müssen. Bei großen Maschinen ist dieß aber unmöglich und wäre es wirklich der Fall, so würde die Vollkommenheit wegen Abnutzung der verschiedenen Theile und wegen der unvermeidlichen Schwankungen, doch nicht lange dauern. Durch die letztern werden die Wellen in ihren Lagern gehoben und es entsteht eine unregelmäßige Bewegung, mit bedeutender Reibung und Abnutzung der Kuppelungen, durch welche diese letztern ebenfalls leiden.

Aus diesen Gründen wird die Quadratkuppelung jetzt nur noch wenig angewendet und nur noch bei kleinern Maschinen, bei denen sie mit größerer Genauigkeit ausgeführt werden kann und nicht denselben Nachtheilen, als bei größern Werken, unterworfen ist. Selbst aber auch bei kleinen Maschinen hat man die Quadratkuppelung durch die runde Kuppelung (round coupling) ersetzt. Sie besteht wie die quadratische aus einer Muffe, welche aber rund ausgebohrt und auf die cylindrisch abgedrehten Enden der Wellen aufgeschoben, daselbst aber durch zwei, unter rechtem Winkel gegen einander eingesetzte Schraubenbolzen, deren jeder durch eine Welle geht, in ihrer Lage festgehalten wird. Diese Kuppelung ist leichter auszuführen als die quadratische; allein da die ganze Spannung oder der Druck von dem verhältnißmäßig schwachen Bolzen ausgehalten werden muß, so nutzen sich in kurzer Zeit sowohl die Bolzen als die Löcher ab, und es geht die ursprünglich vorhandene Genauigkeit verloren. Aus dieser Ursache hat man die Anwendung dieser Kuppelung auch sehr beschränkt.

Es muß noch bemerkt werden, daß die Kuppelungen im Allgemeinen weit zweckmäßiger angewendet werden, wenn jede Welle zwei Lager (bearings) hat; allein zuweilen ist eine von den Wellen nur mit einem versehen, und in diesem Fall werden die beschriebenen Muffen gewöhnlich angewendet, in andern dagegen werden Gelenke mit Laschen genommen und die Theile durch Schraubenbolzen mit einander verbunden. Außerdem sind noch verschiedene andere Mittel im Gebrauch, die wir jedoch zweckmäßiger bei der Beschreibung der verschiedenen Maschinen, bei denen sie angewendet werden, kennen lernen werden.

Wenn eine Welle zwei Lager hat, so ist eine sehr gewöhnliche Art der Kuppelung die in Fig. 1, Taf. II, dargestellte. Hier endigen die Wellen in kreisrunden Scheiben, von denen die eine Zähne, die andere correspondirende Vertiefungen zu ihrer Aufnahme hat, so daß die eine der andern Bewegung mittheilt. Wenn irgend eine geringe Senkung des Gebäudes oder irgend eine andere Ursache eins von den Lagern niederdrückt, oder das andere hebt, so daß die beiden Wellen aus der vollkommenen geraden Linie kommen, welche sie immer behalten müßten, so gestattet diese Verbindung doch die geringe Biegung und theilt die Bewegung der einen Welle der andern sofort mit.

Eine andere Art der Kuppelung ist in Fig. 2 und 3

dargestellt. Sie wurde zuerst von Hrn. Murray in Leeds angewendet, um eine lange Linie von Wellen, die eine bedeutende Kraft auszuüben haben, mit einander zu verbinden. Sie ist so eingerichtet, daß sie die Bewegung auf die Art und Weise eines Universalgelenks mittheilt, wenn die Wellen aus der Linie kommen. Es seien A und B die beiden zu verbindenden Wellen; C und D ihre Hälse oder Zapfen, mittelst denen sie in den Lagern liegen. Die über diese Hälse hervortretenden Enden sind mit Muffen E und F versehen, die entweder durch ein Quadrat mit Keilen, oder durch einen runden Theil mit einem Bande mit jenen verbunden sind. Eine von diesen Muffen, E, hat ein von dem Innern auf jeder Seite vorspringendes Stück, welches in die andere Muffe eintritt, wie man bei aa, Fig. 3, sieht, welches die Ansicht des Innern ist. Die Muffe F hat zwei ähnliche, von derselben, bei bb, in die andere Muffe vorspringende Stücke. Innerhalb der Muffen ist ein eisernes Kreuz cc, dd, befindlich, welches mittelst Schrauben auf die Enden der Wellarme befestigt ist, und durch diese wird die Bewegung mitgetheilt. Wenn daher die Welle A und die Muffe E umgedreht werden, so wirken die Stücken aa gegen die Schrauben cc des Kreuzes und veranlassen dessen Drehung. In gleicher Zeit drücken die andern beiden Schrauben dd an den andern Armen des Kreuzes gegen die Stücken bb, welche zu der Muffe F und der Welle B gehören und setzen dieselben ebenfalls in Bewegung. Das Kreuz ist ganz abgesondert in den Muffen vorhanden und wirkt auf diese Weise als ein Universalgelenk, um die Bewegung der einen Welle auf die andere zu übertragen. Die Schrauben cc, dd, am Ende des Kreuzes werden blos deshalb gebraucht, daß die wirkenden Punkte von Stahl sein können, welches glatt gearbeitet werden kann, damit die Friction nur gering ist.

Eine andere Art der Wellen-Kuppelung von Herrn Murray's Erfindung ist in Fig. 4 dargestellt und gewährt den Vortheil, daß für jede Wellenlänge nur ein Lager erforderlich ist, wogegen die oben beschriebene eins an jedem Ende einer jeden Länge erfordert. A und B stellen die beiden Wellen vor, von denen jede einen Zapfen am Ende hat. Diese Zapfen sind von einem Kuppelungsstück oder von einer Muffe CDE umgeben, welches im Innern ausgebohrt ist, um die Enden der Wellen aufzunehmen, äußerlich aber abgedreht und mit einem Halse DD versehen, der sich in einem Lager bewegt. Die beiden Wellen, AB, sind durch die Muffe D, bei C und E, mittelst der Kreuzschlüssel lm, von denen jede Welle einen hat, verbunden, indem dieselben von Vertiefungen aufgenommen werden, die in der Muffe bei C und E vorhanden sind. Es muß bemerkt werden, daß die Wellen in diese Theile C und E nicht dicht einpassen, welches nur mit den Zapfen a und b der Fall ist. Sie bewegen sich dadurch mit etwas Freiheit und zwar ohne auf das Lager, in welchem sich D bewegt, einen Druck auszuüben, weil nur das kurze Stück der Muffe davon aufgenommen wird und folglich eine geringe Abweichung von der geraden Linie gar keinen nachtheiligen Einfluß ausüben kann.

Figur 5 stellt das sogenannte Universalgelenk (Universal joint) vor, welches der Engländer Dr. Hook erfunden hat, woher es auch Hook'sches Gelenk genannt worden ist. Es kann statt zweier konischer Räder,

oder überhaupt dann gebraucht werden, wenn die Wellen, welche mit einander verbunden werden sollen, nicht in einer geraden Linie liegen. Aus Fig. 5 ersieht man, daß die Enden der Wellen aa, aa, eine gabelförmige Gestalt haben, und daß die Enden dieser Gabeln mit Oeffnungen durchbohrt sind, in welchen ein bewegliches, mit vier Zapfen versehenes Stück, G, in der Art eingesetzt wird, daß zwei Zapfen in der Gabel der ersten und die zwei andern Zapfen in der Gabel der andern Welle stecken. Die Zapfenlager der Wellen A und B sind bei C und D angebracht; allein es kann auch eins derselben entbehrt werden, da eine Welle schon von der Kuppelung getragen wird. Dieses Universalgelenk wird in dem angegebenen Falle, wenn eine Winkelbewegung unter 15° fortgepflanzt werden soll, mit vielem Vortheile gebraucht; ist jedoch die Spannung der Welle sehr groß, so muß es sehr stark gemacht werden, um derselben widerstehen zu können, und bei Winkeln über 15 ist es zweckmäßiger, Winkelräder anzuwenden.

Fig. 6 stellt eine Wellen-Kuppelung dar, welche Frictions-Kuppelung (Friction coupling) genannt wird. Bei schweren Maschinen kann es vielleicht nicht so vortheilhaft angewendet werden, dagegen aber unter vielen andern Umständen weit besser, als jede andere Methode. Eine von den Wellen A hat an ihrem Ende eine kreisrunde Scheibe, die in eine lose Muffe am Ende der andern Welle B paßt. bb ist ein lederner Hals in dem erweiterten Ende der Welle B, so daß, wenn die Muttern aa fest angezogen werden, die Muffe D gegen den ledernen Hals drückt und durch ihre Reibung die Welle B in Bewegung setzt. Am Ende der Welle, bei c, ist auch zuweilen noch ein anderer Hals vorhanden. Diese Art der Kuppelung ist bei mehren Maschinen sehr zu empfehlen, hauptsächlich bei Dreh- und Bohrmaschinen, bei denen die Muffe gerade so fest an den Hals angeschroben werden kann, um das abzudrehende oder auszubohrende Stück mit dem gewöhnlichen Widerstande umzudrehen. Wird aber durch irgend einen Zufall, z. B. durch einen schlecht angesetzten Drehstahl oder Bohrmeißel u. dgl. der Widerstand größer, so bleibt die Maschine selbst in der Kuppelung stehen, während sich die bewegenden Theile noch zu drehen fortfahren, indem die Friction in der Muffe überwunden ist. Durch eine solche Einrichtung können oft nachtheilige Verletzungen des unter Arbeit stehenden Werkes und der Arbeiter vermieden werden.

Wir haben uns bis jetzt auf solche Kuppelungsarten beschränkt, welche bleibend wirken, d. h. nicht zu jeder Zeit verändert werden sollen. Nun ist es aber häufig der Fall, daß mehre Maschinen von einer Kraft, z. B. von einer Dampfmaschine, in Bewegung gesetzt werden, und daß es nach Maaßgabe der vorzunehmenden Arbeiten erfordert wird, die eine oder die andere Maschine zu bremsen oder anzuhalten (set of, oder put out of gear), während die andern Maschinen im Gange bleiben. Auf gleiche Weise muß man auch jede Maschine für sich allein in Bewegung setzen oder anlassen können (set on oder put in gear), während die übrigen Maschinen still stehen. Bei andern Maschinenanlagen, z. B. bei den Spinnereien, muß nicht blos eine ganze Maschine, sondern auch ein Theil derselben angehalten oder in Bewegung gesetzt werden können. Die zu diesem Zwecke dienenden Vorrichtungen werden

Ein- und Ausrückungen
(Engagements and disengagements of Machinery)

genannt. Bei den zahlreichen Erfindungen dieser Art hat man es hauptsächlich zu erlangen gesucht, die Bewegung ohne einen Stoß mittheilen zu können. In Folge der Trägheit der Körper nämlich, oder des ihnen eigenthümlichen Bestrebens, in dem Zustand zu verharren, in welchem sie sich befinden, erleiden die Maschinentheile Brüche oder sonstige Zerstörungen, wenn man bei einer Maschine augenblicklich eine Bewegung hervorbringen oder eine solche hemmen will. Die Vorrichtungen dieser Art können in zwei Klassen getheilt werden, nämlich in solche, bei denen die Bewegung durch Seile, Schnüre, Riemen oder Ketten, und in solche, bei denen sie durch Räderwerk mitgetheilt wird. Erstere gewährt im Allgemeinen den Vortheil, die Bewegung mehr nach und nach hervorzubringen, wogegen sie nicht füglich bei schweren Maschinenwerken angewendet werden kann.

Figur 7 stellt die Vorrichtung mit fester und loser Rolle in der Seitenansicht vor. Sie ist von gar keinem Stoß begleitet und ist die vollkommenste dieser Art, da wo sie angewendet werden kann. An der eisernen Welle AA sind zwei Rollen oder Scheiben, B, C, von Holz oder von Eisen angebracht. Die erstere ist auf dem vier- oder achteckigen Theile der Welle, dreht sich daher mit der Welle um, und wird die feste oder auch lebendige Rolle genannt. Die zweite Rolle C hingegen ist inwendig mit einer rund ausgebohrten Büchse versehen, mittelst welcher sie sich auf dem runden Ende der Welle frei oder lose drehen kann; man nennt sie auch die todte Rolle oder Scheibe. An der Hauptwelle des Maschinenwerkes, die z. B. durch die Dampfmaschine betrieben wird, ist eine Rolle mit umgeschlungenem Seil ohne Ende, welches in der Nuthe liegt, angebracht, wodurch die Bewegung der festen Rolle B und demnach auch der Welle A, und der dadurch betriebenen Maschinerie, mitgetheilt wird. Will man jedoch die Bewegung der Welle A hemmen, so schiebt man das Seil oder die Schnur mit der Hand oder mit einem Hebel von der Scheibe B auf die Scheibe C. Soll ein Riemen angewendet werden, so müssen die Rollen an ihrem Umfange etwas gekrümmt sein, um das Ablaufen des Riemens zu verhindern.

Eine andere Vorrichtung ist die in Fig. 8 dargestellte gleitende Rolle (sliding pulley). Sie besteht aus einer hölzernen oder eisernen Rolle oder Scheibe P, welche aber nicht fest auf der Welle sitzt, sondern sich auf derselben lose drehen kann. Durch die Rückstange FG, deren Umdrehungspunkt sich in F befindet, kann die Scheibe CD auf der Welle etwas hin- und hergeschoben werden, indem die Rückstange in den Hals greift, der an dem Ansatz der Welle befindlich ist. An der Welle ist in fester Verbindung der Arm (gland) DE angebracht und an den beiden Enden mit Vertiefungen versehen, in welche die Haken in der Scheibe greifen. Nun wird zwar die Schnur um P, welche von der Hauptwelle die Bewegung erhält, die Scheibe P fortwährend bewegen; weil jedoch dieselbe auf der Welle lose läuft, so wird dadurch keine Bewegung von AB erfolgen. Schiebt man jedoch mit der Rückstange FG die Scheibe P gegen den mit der Welle fest verbundenen Arm, DE, so werden die Haken von jener in die Vertiefungen

von dieser eingreifen und nun die Welle AB bewegen. Bei dem Eingreifen der Zähne entsteht jedoch eine bedeutende Erschütterung, weshalb die vorhergehende Vorrichtung besser ist. Außerdem giebt es noch eine Menge anderer Methoden, die von verschiedenen Maschinenbauern angewendet werden, wenn die Bewegung durch Bänder fortgepflanzt werden soll; allein da sie nur in der Form verschieden, in dem Prinzip aber einander gleich oder doch sehr ähnlich sind, so brauchen wir nicht weiter darauf einzugehen. Dagegen wollen wir einige von den Vorrichtungen beschreiben, welche angewendet werden, wenn die Bewegung durch Räderwerk fortgepflanzt werden soll.

Wenn eine Maschine in Bewegung ist, so kann sie mit vollkommener Sicherheit zum Stillstande gebracht werden; anders ist es aber dann, wenn sie auf solche Weise in Betrieb gesetzt werden soll, weil man alsdann immer in Gefahr geräth, die Zähne zu zerbrechen, besonders bei großen Geschwindigkeiten. Es können daher solche Vorrichtungen zum Ein- und Ausrücken, wenn die Bewegung durch Räderwerk fortgepflanzt wird, nur bei Walzwerken und bei einigen andern Maschinen, bei denen keine große Umlaufsgeschwindigkeit erforderlich ist, angewendet werden.

Eine sehr häufig benutzte Methode, die gewöhnliche Klaue (common clutch), welche mehr zu einer allgemeinen Anwendung bei Maschinenwerken fähig ist, zeigt sich in Fig. 9, wo AB eine Welle darstellt, mit der die Maschine, welche zu Zeiten angelassen und zu Zeiten außer Betrieb gesetzt werden soll, verbunden ist, und CC ein Rad, welches sich mittelst einer Büchse frei auf der Welle bewegt und die von der bewegenden Maschine in Umgange erhalten wird. Der mit A bezeichnete Theil der Welle ist quadratisch* und die Klaue (clutch) DD kann mittelst der Rückstange EF etwas auf der Welle hin- und hergeschoben werden. Schiebt man nun die Klaue so gegen das Rad und seinen Ansatz, daß die Zähne der erstern in die Vertiefungen der letztern greifen, so dreht sich das Rad mit der Welle, und schiebt man die Klaue wieder zurück, wie die Figur 9 zeigt, so tritt sie mit dem Rade und mit den Maschinentheilen, welche dasselbe in Bewegung setzt, wieder außer Verbindung. Auch bei dieser Vorrichtung sind Stöße unvermeidlich, wenn das Einrücken erfolgt; allein Brüche sind nicht gut möglich, da man die Zähne der Klaue so stark, als man will, machen kann.

Zuweilen giebt man einer andern Art des Ein- und Ausrückens, dem sogenannten Bayonet oder der Bayonetklaue (locking bayonet) den Vorzug. Die Construction dieser Vorrichtung ist die folgende: Starke Arme AA, Fig. 10, werden auf der Welle gerade vor dem Rade befestigt, oder mit der Welle aus einem Stück gegossen. Durch die Enden dieser Arme sind Löcher zur Aufnahme der Schenkel, ff, des Bayonets gebohrt, welche durch Schrauben und Bolzen mit DD verbunden sind. Dieser ist dem Arm AA ähnlich, bewegt sich aber mittelst der Büchse g auf der Welle hin und her, welches durch eine Rückstange bewirkt wird, die in den Hals g greift. Wird nun das Bayonet DD, ff mittelst der Rückstange nach dem Rade zu geschoben, so greifen die Schenkel ff in die

* In der Fig. 9 ist dieser Theil aus Versehen ebenfalls rund gezeichnet.

Löcher von AA, und dieser Arm, der sich mit dem Rade frei auf der Welle bewegt, wird nun mit dem Bayonet, welches der Umdrehung der Welle folgt, auch umgedreht.

Wegen der Nachtheile, welche sowohl diese als die früher beschriebenen Verbindungsvorrichtungen haben, indem sie zerstörend auf die Maschine wirken, hat man mehre Versuche gemacht, eine zu erfinden, bei der die Bewegung mehr nach und nach mitgetheilt wird. Bei einer dieser Vorrichtungen, bei der sogenannten Frictionsklaue (Friction clutch), welche Fig. 11 zeigt, ist dieß ziemlich vollkommen erreicht. Hier ist AB der von der Maschine in Bewegung gesetzte Theil der Welle; CDE ein Bayonet, welches entweder auf einen quadratischen Theil der Welle AB gleitet, oder durch die Arme eines Kreuzes HI (wie es in der Figur abgebildet worden) geht. Dieß Kreuz ist auf AB befestigt. FG ist der mit AB zu verbindende Theil der Welle. Auf ihm ist eine Scheibe F befestigt, um deren vertiefter Peripherie ein Ring LM liegt, der aus zwei Hälften besteht und bei aa durch Schrauben verbunden ist. Wird nun die Maschine in Bewegung gesetzt, so wird der Ring LM durch das Bayonet oder die Klaue CDE bewegt, und mit ihm dreht sich, vermittelst seiner Friction auf der Peripherie, auch die Scheibe F auf dieselbe sanfte und stufenweise Art, wie dieß bei einem Riemen oder Seil und einer Rolle der Fall ist. Jedoch erfüllt der Ring seinen Zweck noch besser, wenn er auf der Scheibe als Feder wirkt. Diese Vorrichtung ist sehr sinnreich und kann bei großen Maschinenwerken angewendet und nach den Umständen auf verschiedene Weise verändert werden; auch ist es einleuchtend, daß er Stöße und Zerstörungen der Maschine vermeidet, welches den andern Vorrichtungen zur Last fällt. Denn wenn z. B. ein Seil oder ein Riemen zerreißt und die Stücke davon zwischen das Räderwerk fallen, so zerbrechen diese. Bei der vorliegenden Vorrichtung aber wird bei vorkommenden Hindernissen der Ring auf der Scheibe gleiten und den Maschinentheil, der dadurch bewegt wird, zum Stillstande bringen, ohne die allgemeine Bewegung der Maschine wesentlich zu verändern, während, bei den gewöhnlichen Methoden der Verbindung, die ganze bewegende Kraft der Maschine ausgeübt zu werden fortfährt und wahrscheinlich den Bruch oder die sonstige Zerstörung irgend eines Maschinentheiles veranlassen würde, ehe der Zufall entdeckt werden kann.

Von den Zapfen.

Es ist stets sehr zweckmäßig, daß die Zapfen (gudgeons) mit der Welle aus einem Stück bestehen, weil die geringste Abweichung von der geraden Linie einen Druck und einen unregelmäßigen Gang in den Lagern veranlaßt. Bei hölzernen Wellen ist es jedoch unmöglich, daß die Zapfen aus demselben Stück bestehen, und es ist dieß einer der größten Nachtheile ihres Gebrauches. Wenn man bedenkt, daß die Richtung des Gewichts, welches einen Zapfen in einer hölzernen Welle lose zu machen sucht, fortwährend wechselt und daß eine solche Wirkung auf Holz, d. h. auf ein Material ausgeübt wird, welches sich sehr leicht und permanent zusammen drücken läßt, so darf man sich nicht wundern, daß die Befestigung der Zapfen in solcher Welle zu den schwierigen Arbeiten gehört, und daß, ehe die Kreuzflügelzapfen, welche als eine wesentliche Verbesserung

anzusehen sind, angewendet wurden, die Verhinderung des Losewerdens sehr mühsam und kostbar war.

Ein solcher Kreuzflügelzapfen ist in den Fig. 1 und 2, Taf. III, abgebildet. Er besteht aus Gußeisen und der Zapfen ist genau abgedreht; er hat vier Flügel abcd, die ein Kreuz bilden, welches in dem Ende einer hölzernen Welle A eingelassen ist. Die vordere Kante eines jeden Flügels ist bedeutend dünner, als nach hinten zu, so daß ein Paar starker eiserner Ringe hh, die auf das Ende der Welle aufgetrieben sind, das Holz rings um fest halten. Da nun die Flügel nach hinten zu stärker sind als nach vorn, so kann der Zapfen nicht vorrücken. Zur weitern Sicherheit werden Schrauben durch die Arme des Kreuzes gesteckt, die in diesem Falle stärker gemacht werden und nicht so weit in das Holz gehen. Die Schrauben gehen weit in das Holz hinein und es ist zu dem Ende ein Loch in dasselbe gebohrt, um das Ende des Bolzens zu treffen, und oben wird eine Mutter aufgeschroben, deren Kopf versenkt ist. Durch eine solche Vorrichtung kann ein Zapfen sehr fest mit einer Welle verbunden werden; jedoch können sie nie mit eisernen Wellen in Vergleich kommen, bei denen die Zapfen in einem Stück mit dem Körper der Welle selbst gegossen sind.

Eine verbesserte Methode, die Zapfen in einer Welle zu befestigen, ist in den Fig. 3, 4 und 5, Taf. III, dargestellt. Der Zapfen ist mit Kreuzarmen zusammen gegossen, welche in besondere Vertiefungen einer achteckigen gußeisernen Büchse passen, die auf dem Ende der Welle vorher befestigt worden ist. AA ist ein Theil von dem Ende der hölzernen Welle, die eine achteckige Form hat und auf der ein Wasserrad hängt. Sie ist lang genug, um quer über die Radstube zu reichen und hat an jedem Ende einen Zapfen, welcher sich in einem Zapfenlager dreht. BB ist eine gußeiserne Büchse, oder ein kurzer Cylinder, der auf das Ende der Welle getrieben und auf derselben fest verkeilt ist, wodurch das Holz mehr als durch irgend einen andern Ring gegen das Aufreissen geschützt wird. Oben hat der Ring einen vorspringenden Rand aa und in demselben vier Vertiefungen zur Aufnahme der Arme von dem eisernen Kreuz bb, dd, welches, wie wir sehen, einen Theil des Zapfens c bildet, um welchen sich die Welle dreht. Das Kreuz ist durch vier Schraubenbolzen, die durch den Rand gehen, fest mit der Büchse verbunden, und Muttern, die auf der Seite, wo das Kreuz liegt, auf die Bolzen geschroben worden sind, befestigen das Ganze. Der Durchschnitt (Fig. 5) zeigt das Kreuzstück und die Büchse getrennt, um die Art und Weise ihrer Vereinigung darzustellen; die innere Seite des Kreuzes ist mit Vorsprüngen ee versehen, die in das Ende der Büchse treten und den Zapfen in seinem genauen Mittelpunkt erhalten. Ist ein solcher Zapfen abgenutzt, so kann er leicht durch einen andern ersetzt werden, in dem man den alten los- und den neuen wieder aufschraubt. Da der Zapfen ferner keine so großen und schweren Flügel hat, so kann er leicht auf der Drehbank abgedreht werden, welches ein bedeutender Vorzug ist.

Bei senkrechten Wellen, bei denen das eigene Gewicht sowohl als das der mit ihnen verbundenen Maschinentheile von dem Zapfen getragen werden muß, ist diese Methode den Kreuzflügelzapfen vorzuziehen, indem dabei eine größere Holzoberfläche getragen wird; wogegen bei liegenden oder horizontalen Wellen die Kreuzflügelzapfen den Vorzug vor allen übrigen verdienen.

Wenn eine eiserne Welle massiv gegossen worden ist, so besteht der Zapfen aus einem Stück mit ihr und unterscheidet sich von ihrem Körper nur dadurch, daß er im Allgemeinen dünner und genau auf der Drehbank abgedreht ist. Die erforderliche Stärke der Zapfen werden wir weiter unten betrachten, obwohl sie in der Praxis in den meisten Fällen stärker gemacht werden, als ihre Belastung erfordert, da dünne Zapfen und deren Lager oder Pfannen sich sehr stark abnutzen. Bei senkrechten gußeisernen Wellen ist der Zapfen gewöhnlich etwas eiförmig gegossen, d. h. er ist bei a (Fig. 6) etwas dünner, um jede Hemmung in der Pfanne zu vermeiden. Eine andere Art ist die, den Zapfen unten flach und mit einer schmalen Vertiefung auf der Fläche zu machen. Auf dieser Fläche ist eine dünne Stahlplatte, A, Fig. 7, angebracht, ebenfalls mit einer Nuthe a, welche den Zweck hat, Oel aufzunehmen. Ein Zapfen dieser Art war in einer Roßmühle in England zwanzig Jahre in Gebrauch gewesen, ohne besonders abgenutzt worden zu sein. Man wendet die verstahlten Zapfen daher bei sehr schweren stehenden Wellen, z. B. bei denen der Kreiselräder an. In den Fällen, wo ein starker Seitendruck stattfindet, ist jedoch diese Methode unzulänglich, und es ist dabei eine andere, zweckmäßigere angewendet worden. Sie besteht darin, daß der stählerne Zapfen cylindrisch und in den Fuß der stehenden Welle eingelassen ist. Der Boden der Pfanne ist convex und es sind mehre Stahlstückchen eingelegt, welche die Gestalt einer doppelten convexen Linse haben. Diese Stahlstückchen haben eine geringe Bewegung, vermindern daher die relative Bewegung des Zapfens und folglich auch die Friction. Als eine gänzlich verschiedene Methode können wir auch noch hinzufügen, daß Hr. Bramah, in der Beschreibung seines Patents auf eine Hobelmaschine, eine Art der Bewegung der Zapfen gänzlich auf einer Flüssigkeit erwähnt, und daß sie mittelst einer kleinen Druckpumpe und eines Hahns nach Belieben gehoben und gesenkt werden können. Jedoch ist diese Methode nicht in allgemeinen Gebrauch gekommen und nur in einzelnen Fällen, z. B. bei der Hobelmaschine in dem Königl. Arsenal zu Woolwich in England, angewendet worden.

Die beste Form, um gußeiserne Wellen recht stark zu machen, ist das Röhrenartige oder Cylindrische, wobei es natürlich nöthig ist, den Zapfen in einem besondern Stück zu gießen, welches auch ohne Nachtheil geschehen kann. Die Verbindung kann aber auch auf eine weit festere Art bewerkstelligt werden, als bei einer hölzernen Welle, und wenn sie gut ausgeführt worden ist, so hat sie eine lange Dauer, ohne daß irgend eine Abweichung von der geraden Linie stattfindet. AB (Fig. 8 und 9) ist ein Durchschnitt einer cylindrischen Welle, die an beiden Enden, auf eine gewisse Länge, eine größere Metallstärke hat, und drei darin eingegossene Rippen, a, a, a, haben Nuthen zur Aufnahme von Federn. cc ist der Zapfen mit drei Armen, die mit ihm aus einem Stück gegossen oder geschmiedet, und ebenfalls mit Nuthen versehen sind, die den obigen in den Rippen der Welle correspondiren. Am Ende der Welle wird ein schmiedeeiserner Ring h aufgetrieben, um dieselbe gegen

das Zerspringen zu hüten. Nachdem nun der Zapfen an seinen Platz gebracht worden ist, werden die Federn und Keile eingetrieben, um ihn zu befestigen. Zuweilen haben die Zapfen vier Arme, allein dieß wird nicht als zweckmäßig angesehen, weil es beim Eintreiben der Keile schwer hält, alle gleich zu befestigen und den Zapfen genau zu centriren, welches dagegen bei drei Armen nicht der Fall ist; denn wenn einer verkeilt wird, so muß dieß bei den andern auch geschehen. Bei minder starken hohlen Wellen haben die Zapfen gewöhnlich keine Arme, sondern bestehen aus einem massiven Cylinder, der an drei Stellen seiner Peripherie Ruthen hat. Er wird in das Ende der Welle eingeschoben, das ebenfalls drei correspondirende Ruthen hat und wird dann mittelst Federn und Keilen, wie bei der vorhergehenden Art, befestigt. Zuweilen werden die Zapfen erst dann abgedreht, wenn sie in den Wellen befestigt worden sind; allein gewöhnlich erlangt man hinreichende Genauigkeit, wenn sie vorher abgedreht werden, welches bequemer ist, und daß man sie alsdann recht genau concentrisch in der Welle verkeilt.

Eine Methode, die Zapfen an der Welle zu befestigen, welche am zweckmäßigsten für stehende gußeiserne Wellen paßt, ist in Fig. 10 dargestellt. ABCD ist ein Theil von dem Ende einer Welle, welches genau ausgebohrt, so wie der Zapfen genau abgedreht ist, damit sein dickes walzenförmiges Ende genau in den ausgebohrten Theil der cylindrischen Welle paßt. Die Befestigung wird durch Ränder an den Enden der Welle und an den Zapfenstücken bewirkt, durch welche Schraubenlöcher für Schraubenbolzen mit Muttern gehen. Es erfordert diese Methode viel Arbeit und sie ist daher theurer, als die vorher beschriebenen. Der Zapfen besteht zuweilen aus Stahl oder Stabeisen, ist etwas konisch geschliffen und wird in das Zapfenstück eingelassen, wie die punktirten Linien in Fig. 9 zeigen, so daß unter Umständen, bei denen die Zapfen eine große Abnutzung erleiden, wie es z. B. bei denen der Wasserradwellen ist, die selten recht gut gegen den Schmutz gesichert sind, sie zu jeder Zeit ausgewechselt werden können.

Stärke der Zapfen. — Da die Zapfen das ganze Gewicht ihrer Welle, der Räder ꝛc. zu tragen, so müssen sie zu dem Ende eine hinlängliche Stärke haben; während auf der andern Seite zur Vermeidung einer unnöthigen Friction ihr Durchmesser, in Uebereinstimmung mit der Abnutzung und der Bearbeitung, so klein als möglich sein muß.

Die Stärke eines Zapfens ist durch die Belastung begrenzt, welche er, ohne bleibende Veränderung seiner Struktur, zu tragen vermag, da seine Länge, im Verhältniß zu dem Durchmesser stets so gering ist, daß die Biegung in praktischer Beziehung ganz unmerklich sein wird. Die berechnete Kraft muß daher jede Art von Einwirkung auf die Welle einschließen. Der Durchmesser muß daher so bestimmt werden, daß der Zapfen der ganzen Belastung zu widerstehen im Stande ist.

Wenn w die äußerste Belastung in Centnern und l die Länge des Zapfens in Zollen ist, so haben wir (s. Tredgold „über die Stärke des Gußeisens ꝛc.,“ Art. 138)

$$\frac{(112\ w \times {}^1/_{12}\ l)^{\frac{1}{3}}}{5} \text{ oder } 0{,}42\ (w\,l)^{\frac{1}{3}} = d,$$

den Durchmesser des Zapfens in Zollen. Nun muß aber noch die Abnutzung, welche sich direct wie die Belastung und umgekehrt wie die Länge des Zapfenlagers verhält, berücksichtigt werden. Daher muß die Länge des Zapfens in demselben Verhältniß größer sein, als die Belastung bedeutender ist. Ehe wir nun zu genauern Prinzipien gelangen, das Verhältniß der Zapfen einer Maschine nach der Beschaffenheit ihrer Leistungen einzurichten, müssen wir $^1/_6$ des Durchmessers für die Abnutzung rechnen, wenn keine sandigen Substanzen auf den Zapfen einwirken, und $^1/_3$ in allen den Fällen, wenn dieß geschieht. Im erstern Fall ist die Regel: $^1/_2\ \sqrt[3]{w\,l} = d$ oder $0{,}5\ (w\,l)^{\frac{1}{3}} = d$; d. h. man multiplicire die Belastung oder das Gewicht der Welle nebst dem Rade in Centnern mit der Länge des Zapfens in Zollen, und die mit 0,5 multiplicirte Kubikwurzel des Products giebt den Durchmesser des Zapfens in Zollen. In dem letztern Falle aber, wenn der Zapfen eine starke Abnutzung erleidet, welches von der Beschaffenheit der Maschine und ihrer besondern Lage abhängt, multiplicire man die Kubikwurzel mit 0,56 statt mit 0,5.

Buchanan aber bemerkt, daß man durch Beobachtungen gefunden habe, daß in der Praxis die sehr einfache Regel hinreiche, die Kubikwurzel in Centnern als Zolle für den Durchmesser anzunehmen, wiewohl dieß natürlich nur eine annähernde Bestimmung sein kann. Es muß nur noch bemerkt werden, daß die Festigkeit des Gußeisens so ungleich ist, daß man aus diesem Grunde über die Stärke der daraus zu verfertigenden Wellzapfen keineswegs eine allgemeine Regel angeben kann.

Die folgende Tabelle giebt eine Bestimmung der Verhältnisse von den Zapfen verschiedener Wasserräder, die in wirklichem Gebrauch stehen und die dabei genügende Resultate gegeben haben. Die 1. Kolumne enthält die Ordnungsnumer; die 2. giebt das Material an, aus welchem das Rad besteht; 3. den Durchmesser in Fußen; 4. die Breite in Fußen; 5. die Art der Räder; 6. den Durchmesser des Zapfens in Zollen; 7. das Gewicht des Rades in Centnern (à 112 Pfund engl. = 108,56 preuß. Pfunden); 8. den Durchmesser in Zollen, entlehnt von Herrn Tredgold's Formel, bei der größten Abnutzung. Dabei ist die Länge des Zapfens gleich dem Durchmesser angenommen, wie es das gewöhnliche, in der Praxis gebräuchliche Verhältniß ist; 9. der Durchmesser bei gewöhnlicher Abnutzung; 10. Durchmesser des Zapfens in Zollen, entlehnt von der oben erwähnten praktischen Regel, wonach er die Kubikwurzel der Kolumne 7 in Centnern ist.

Tabelle über Zapfen an Wasserradwellen.

Nummer.	Material.	Durchmesser des Rades in Fußen.	Breite des Rades in Fußen.	Art des Rades.	Durchmesser des gußeisernen Zapfens in Zollen.	Gewicht der Räder in Centnern.	Durchmesser nach Hrn. Tredgold's Formel berechnet		Kubikwurzel des Gewichts in Pfunden.
							für starke Abnutzung	für geringe Abnutzung	
1	Holz . . .	25	12	Oberschlächtig	7	474	8,35	7,45	7,79
2	Gußeisen .	16	6	"	7	240	6,64	5,94	6,21
3	"	16	8	"	6½	330	7,26	6,48	6,91
4	Rad und								
5	Schaufeln	32	4½	"	9	400	—	—	7,36
6	Gußeisen .	32	4½	"	—	480	—	—	7,82
7	Holz . . .	16	9	"	6	211	6,06	5,49	5,95
8	"	12½	7	"	6	114	5,14	4,61	4,84
9	"	32	11	"	10				
10	"	21	10	"	7				
11	"	28	6	"	8				
12	Fichten . .	18	10	"	10				

Die in der obigen Tabelle aufgeführten Räder hängen alle auf der Mitte ihrer Wellen; beide Zapfen einer jeden Welle haben daher gleiche Belastung.

Untersucht man die Zahlen in der obigen Tabelle, welche alle von Wasserradwellen entlehnt worden sind, so findet man, daß der Durchmesser der Zapfen, nach der vorhergehenden Formel für außerordentliche Abnutzung berechnet, den Durchmesser übersteigen, den man erhält, wenn man die Kubikwurzel des Gewichts in Centnern nimmt, oder auch den von wirklich im Betriebe stehenden Wellen entnommenen, nur mit einigen Ausnahmen. Dagegen sind für den Fall der geringern Abnutzung die Durchmesser geringer und die Kubikwurzel des Gewichts in Centnern bildet demnach eine Art von Mittel zwischen den beiden, und da die Belastung, die Abnutzung u. s. w. der Wasserrad-Wellzapfen nicht solchen Nachtheilen unterworfen sind, daß man sie zur ersten Klasse rechnen kann, obgleich sie die andern übersteigen, so mag die einfache praktische, von Buchanan gegebene Regel sehr zweckmäßig für diesen besondern Fall sein.

Bei den obigen Untersuchungen haben wir unsere Aufmerksamkeit hauptsächlich auf gußeiserne Zapfen beschränkt und ihnen im Allgemeinen den Vorzug gegeben, da sie wohlfeiler sind und zweckmäßiger dargestellt werden können als die schmiedeisernen. Jedoch giebt es manche Fälle, bei denen die letztern ebenfalls angewendet und sogar vorgezogen werden. Die Durchmesser können dann geringer gemacht werden, als in der vorstehenden Tabelle. Die relative Widerstandsfähigkeit des Stab- und Gußeisens, unter Berücksichtigung der bleibenden Veränderung, verhält sich wie 14 zu 9; und da die Widerstandsfähigkeit gegen diese Veränderung sich auch verhält, wie die Kubikzahlen der Durchmesser, so folgt, daß, wenn derselbe Widerstand erforderlich ist, die Durchmesser in den beiden Fällen umgekehrt wie die Kubikwurzeln dieser Zahlen, oder wie $\sqrt[3]{9} : \sqrt[3]{14}$, oder wie 0,87 zu 1 gemacht werden müssen. Um daher den Durchmesser der geschmiedeten Zapfen zu finden, muß man erst den des gußeisernen bestimmen und denselben mit 0,87 multipliciren.

Von den Zapfenlagern.

Die Zapfenlager (Plumber blocks und steps) sind, wie wir schon bemerkten, diejenigen Maschinentheile, welche die Pfannen oder Büchsen (bearings, brasses, pillows), in denen sich die Wellzapfen unmittelbar bewegen, enthalten. Die Pfannen bestehen gewöhnlich aus einer Legirung von Kupfer und Zinn, die dem Kanonenmetall sehr ähnlich, aber weit härter und dauerhafter als gewöhnliches Messing ist und mit Guß- und Stabeisen mit sehr weniger Friction arbeitet. Häufig wendet man aber auch andere wohlfeilere Substanzen zu den Pfannen an, die unter günstigen Umständen eben so dauerhaft sind. Dahin gehört hauptsächlich das Gußeisen, indem solche Pfannen oft mit außerordentlich geringer Friction arbeiten, welches sich besonders dadurch zeigt, daß die Zapfen nicht heiß werden. Die äußere Rinde des Gußeisens, besonders wenn es in eisernen Schalen gegossen worden, ist sehr hart und sehr dauerhaft, und wenn es nun noch gut polirt ist, so arbeitet es mit sehr geringer Friction. Solche Pfannen sollen sehr gut bei schmiedeeisernen Zapfen sein, obgleich dieß gegen einige Versuche über die Reibung ist.

Auch hölzerne Pfannen werden zuweilen angewendet. Buchsbaum- und Lebensbaumholz (lignum vitae) sind seit langer Zeit im Gebrauch, obwohl letzteres dem Zweck nicht sehr entsprechen soll; Buchenholz, besonders das von verwachsenen und ästigen Stellen, ist allem übrigen vorzuziehen und ist mit dem besten Erfolge angewendet worden; auch das Stechpalmenholz soll dem Zweck sehr gut entsprechen.

Figur 11, Taf. III, ist die Ansicht eines sehr zweckmäßig eingerichteten Zapfenlagers und zeigt die Art und Weise, wie die Pfanne oder Büchse in demselben angebracht worden

ist. aa ist eine gußeiserne, durch zwei oder mehre Bolzen bb, mit dem hölzernen Gerüst, oder dem Angewelle der Maschine verbundene Platte. An dieselbe angegossen sind zwei aufrecht stehende Pfeiler cc, zwischen denen die messingene Pfanne oder Büchse l liegt, die eine halbrunde Vertiefung hat, in welcher sich der Wellzapfen dreht. Eine andere ähnliche Büchse ist in dem gußeisernen Pfannendeckel dd eingelassen und es wird derselbe mittelst der mit Muttern versehenen Schraubenbolzen ee fest auf dem Zapfen erhalten. Damit die Büchsen nicht seitwärts ausweichen können, sind sie mit Leisten, die daran gegossen worden, versehen, welche in Nuthen, die in dem Zapfenlager befindlich sind, passen. Auf dieselbe Weise ist der Pfannendeckel dd zwischen den Stücken cc eingelassen, so daß er auch nicht seitwärts abweichen kann, und die Schraubenbolzen haben daher nur die Pfannen zusammen zu halten. Zuweilen sind die Zapfenlager so eingerichtet, daß sie eine Justirung zulassen, in welchem Fall eine eiserne Platte ff mit dem Angewelle durch Bolzen und Schrauben verbunden ist. Auf derselben liegt die Zapfenlagerplatte aa, und dieselben Bolzen, bb, gehen durch beide. Die Löcher, durch welche sie in der Platte aa gehen, sind länglich, so daß das ganze Zapfenlager hin und her geschoben werden kann. Es geschieht dieß durch die Keile gg, die zwischen ihm und den vorstehenden Rändern mn der Platte ff eingetrieben werden und die auf diese Weise eine genaue Justirung in horizontaler Richtung gestatten. Durch die Keile hh, auf denen es ruhet, kann das Zapfenlager und mit ihm der Zapfen und die ganze Welle etwas gehoben und gesenkt werden, indem auch die Muttern bb losgelassen oder fester angezogen werden.

Die beste Art, die innere Oberfläche einer Büchse für ein Zapfenlager sehr genau zu machen, besteht darin, beide Hälften, die untere und den Deckel in eins zu gießen und sie durch eine Kerbe so zu trennen, daß sie immer noch etwas zusammenhängen. Sie können alsdann auf einer Drehbank genau ausgebohrt und darauf mittelst einer Säge auseinander geschnitten werden, um die eine Hälfte in das Zapfenlager, die andere in den Pfannendeckel zu legen. Zuweilen werden auch die beiden Hälften der Büchse eines Zapfenlagers erst dann ausgebohrt, wenn jenes fest an seinem Platze liegt.

Zuweilen werden zur Verminderung der Friction in den Zapfenlagern Frictionsrollen oder Frictionswalzen angewendet, jedoch nicht mit Vortheil bei schweren Maschinen, weil sie bei denselben zu leicht in Unordnung kommen und auch einer sehr genauen Arbeit bedürfen. Ihre Wirkung hängt davon ab, eine gleitende in eine rollende Bewegung zu verwandeln, so daß blos die Reibung oder das Gleiten der kleinen Axe bleibt, welche die Walze an ihrem Platz erhält. Auch Frictionsräder werden zu demselben Zweck angewendet; sie sind von den Frictionsrollen oder Frictionswalzen darin verschieden, daß die Last von den Axen der Frictionsräder und von den Oberflächen der Walzen getragen wird. Die Art und Weise der Construction der Frictionsräder ist aus Fig. 12 und 13 ersichtlich. aa ist ein, durch Schraubenbolzen an dem Angewelle befestigter eiserner Kranz, welcher mit Büchsen zur Aufnahme der Zapfen der Frictionsräder versehen ist, die sich in ihm bewegen. Nachdem nun die Frictionsräder an ihre

Stellen gebracht worden sind, liegt der Zapfen der Welle zwischen ihnen, so daß, wenn er sich umdreht, er auf ihnen rollt, oder vielmehr ihre Peripherien sich mit ihm und die Zapfen der Frictionsräder sich folglich so langsam bewegen, daß die Reibung dadurch wesentlich vermindert wird, indem das Verhältniß von dem zwischen dem Durchmesser der Räder und des Zapfens abhängt.

Noch weit geringer ist aber die Reibung bei den Frictionsrollen, wenn dieselben recht genau gearbeitet worden sind. In Fig. 14 ist eine Reihe solcher Frictionsrollen oder Frictionswalzen abgebildet. aa ist eine auf dem Angewelle mit Schraubenbolzen befestigte gußeiserne Platte und an dieselbe ist ein kreisrunder Ring bb gegossen, der inwendig auf einer Drehbank mit der größten Genauigkeit ausgedreht worden ist. Der ebenfalls genau abgedrehte Wellzapfen e ruhet in seinem Mittelpunkte auf sechs, in der Peripherie gleich weit von einander entfernt liegenden Walzen ccc 2c. von solchem Durchmesser, daß der Raum zwischen dem Zapfen und dem Ring genau ausgefüllt ist. Die Walzen müssen sämmtlich ganz genau denselben Durchmesser haben, überhaupt sehr genau gearbeitet sein und den Raum vollständig ausfüllen. Indem sich der Zapfen umdreht, hat er eine Tendenz, diese Walzen umzudrehen, da sie aber keine festen Mittelpunkte haben; so drehen sie sich in dem Ringe in derselben Richtung um, wie die Bewegung des Zapfens ist, aber nur sehr langsam, da ihre Geschwindigkeit sich zu den Durchmessern des Zapfens e und des Ringes b verhält. Um die Walzen in ihren relativen Entfernungen von einander zu erhalten, hat jede in der Mitte ihrer Länge eine Nuthe oder einen Hals eingedrehet, welches die Seitenansicht bei h zeigt, und ein eiserner Ring l mit sechs Einkerbungen in der äußern Peripherie nimmt die sechs Walzen auf, so daß sie in den gehörigen Entfernungen von einander bleiben. Wenn nun der Zapfen e zwischen dieselben gebracht worden ist, so nehmen sie ihre gehörigen Stellungen ein und liegen genau parallel. Die Einschnitte in dem Ringe l sind weiter als die Hälse der Walzen und haben daher gehörigen Spielraum und nur eine geringe Friction; denn der Ring wird nicht wesentlich dazu angewendet, die Walzen in ihren relativen Entfernungen zu erhalten, sondern nur, um die Gefahr zu vermeiden, daß sie durch irgend einen Zufall gänzlich von ihrer Stelle entfernt werden. Um Staub oder Schmutz von den Walzen entfernt zu halten, indem dieselben füri hre Wirkung sehr nachtheilig sind, wird auf jeder Seite des Ringes b eine eiserne Platte angeschroben, von denen eine eine ringförmige Oeffnung haben muß, durch welche der Wellzapfen geht. Diese Platten verhindern auch ein Verschieben der Walzen nach den Enden zu; um aber Friction zu vermeiden, wenn sie mit den Platten in Berührung kommen, müssen die Enden deshalb etwas convex sein, wie bei h zu sehen ist, damit sie im Mittelpunkte eher, als an der Peripherie anstoßen. Sie werden daher nie eine starke Friction gegen die Platten ausüben.

Auf die eben beschriebenen Frictionswalzen wurde in England ein Patent genommen und eine große Fabrik errichtet, um sie für verschiedene Zwecke, für Wagenräder, Wasserräder u. s. w. zu verwenden. Man fand sie sehr vortheilhaft, da sie fast keine merkliche Friction bei der Bewegung zeigten. Dagegen kamen sie sehr leicht in Unordnung, be-

sonders durch das Eindringen von Staub, welcher veranlaßte, daß sich die Walzen auf der einen Seite wegen ungleicher Härte mehr abnutzten, als auf der andern; und wenn durch irgend eine Ursache die Walzen einen Augenblick stillstanden, rieb der Zapfen eine flache Stelle auf den beiden Walzen unter sich und sie liefen nie wieder um. Sie wurden alsdann auch lose und boten dem Zapfen einen größern Widerstand dar, als die gewöhnlichen festliegenden Büchsen. Zu feinen Maschinenwerken, bei denen man zu den Walzen und zu dem Ringe gehärteten Stahl nehmen kann, wird die Vorrichtung mit großem Vortheil angewendet; allein bei gewöhnlichen Maschinen haben die erwähnten Unvollkommenheiten es veranlaßt, daß sie wieder außer Gebrauch gekommen ist.

Zu den Pfannen der stehenden Wellen wird gewöhnlich Stahl angewendet, da wegen des großen Gewichts, welches sie zu tragen haben, die Abnutzung der Pfannen von Messing oder Kanonenmetall zu groß ist und eine zu öftere Auswechselung der Pfannen erforderlich macht, welche Operation gewöhnlich mit großen Unbequemlichkeiten verbunden ist.

Zuweilen werden zur Verminderung der Reibung, bei stehenden Wellen, konische Frictionswalzen angewendet. Fig. 12, Taf. II, zeigt die Einrichtung dieser Walzen zu dem Zweck. AA ist eine Platte, welche die ganze Last der Welle trägt. Auf derselben ist ein kegelförmiger Theil befindlich, der im Mittelpunkte eine Oeffnung hat, in welche der untere Zapfen B der Welle paßt. Die Welle D endigt auch in einer konischen Platte, welche der konischen Erhöhung auf der Platte A genau ähnlich ist. Zwischen diesen beiden Oberflächen liegen die Frictionswalzen, welche das ganze Gewicht der Welle und der mit derselben verbundenen Maschinentheile tragen; der Zapfen hat dagegen nur den Zweck, die Welle in ihrer Stellung zu erhalten. Die Walzen werden durch den in b, Fig. 13, besonders im Grundriß dargestellten Ring in der gehörigen Entfernung von einander erhalten. Er ist mit drei vorspringenden Armen versehen, die als Spindeln dienen und durch die Axenlinie der konischen Walzen gehen, vor denen Splinte stecken, um ihr Answeichen zu verhindern. Nun wird man leicht einsehen, daß, indem sich die Welle umdreht, die Walzen auf der Platte AA fortrollen und die Friction bedeutend geringer machen, als wenn die ganze Last der Welle auf dem Zapfen ruhte. Jedoch haben diese Frictionswalzen dieselben Fehler, wie die für die horizontalen Wellen, d. h. sie erfordern eine außerordentlich genaue Arbeit und haben dieselbe Tendenz, sich durch Staub, Schmutz und andere Substanzen ungleich abzunutzen; sie haben daher aus diesen Gründen keine allgemeine Anwendung gefunden.

Die Gerüste oder Gestelle (Framing) der Maschinen,

sind in ihrer Construction, nach der Beschaffenheit oder Lage der Maschinerie, die sie tragen sollen, so verschieden, daß eine spezielle Beschreibung derselben weit zweckmäßiger sein wird, wenn wir von den Maschinen selbst handeln werden, und wir reden daher hier nur von den allgemeinen Prinzipien ihrer Construction und beschreiben nur solche Theile, die alle Maschinen gemein haben.

Jede Maschine veranlaßt durch ihre Bewegung eine Erschütterung aller Theile des Gerüstes, wodurch dasselbe in seinen Fugen lose und weit eher zerstört wird, als jedes gewöhnliche Gezimmer. Außerdem sind sie noch heftigen und plötzlichen Stößen unterworfen, welche von dem ungleichen und schlechten Umgange der Räder und von den hin- und hergehenden Bewegungen herrührt. Ein hölzernes Gerüst muß daher weit fester und steifer gemacht werden, als die Belastung erfordert, und zu gleicher Zeit hinlänglich schwer sein, um dem Ganzen Festigkeit und Sicherheit zu verleihen; denn wenn das Gerüst einer Maschine nicht fest und gehörig verbunden ist, so findet eine zitternde Bewegung in seinen Theilen statt, und eine solche verbraucht einen großen Theil der angewendeten Kraft. Dieser Verlust an Kraft ist sehr schwer zu verfolgen; es ist aber gewiß, daß er, welch eine Bewegung von zitternder Beschaffenheit einem Gerüst und den mit demselben in Verbindung stehenden Theilen auch von einer Maschine mitgetheilt wird, an dem Nutzeffect verloren gehen muß, den sie haben würde, wäre sie ganz ohne diese Bewegung. Es muß bemerkt werden, daß ein leichtes, fest und gut verbundenes Gerüst, einem schwerern und in seinen verschiedenen Theilen nicht so gut verbundenen, vorzuziehen ist.

Außer der Stärke, Steifheit und Festigkeit erfordert das Gerüst einer Maschine eine solche Construction, daß es leicht zu repariren ist, und zwar so, daß jeder einzelne Theil ersetzt werden kann, ohne daß dadurch die andern einen nachtheiligen Einfluß erleiden. Es muß aber auch noch eine andere Betrachtung berücksichtigt werden, nämlich, daß da die Zapfen durch Abnutzung der Zapfen und Pfannen oder Büchsen, in denen sie sich bewegen, aus ihrer genauen Lage kommen, der dieselben tragende Theil des Gerüstes so eingerichtet sein muß, daß es eine Justirung des Zapfenlagers gestattet. Wenn die Welle ihre Bewegung durch ein Zahnrad erhält, so ist eine solche Justirung sehr wesentlich. Es ist ferner vortheilhaft gefunden, daß das Angewelle ein geringes elastisches Zittern besitzt, wenn die Maschine in Bewegung ist, indem dadurch die Friction um ein Bedeutendes vermindert wird.

Gußeisen ist bei der Construction der Gerüste dem Holz weit vorzuziehen. Es ist nicht allein weit dauerhafter, sondern da es auch den Vortheil besitzt, eine gleichförmige Textur zu haben und in jede beliebige Form gegossen werden zu können, so kann seine Stärke nach der größern oder geringern Belastung eines jeden einzelnen Theils eingerichtet werden. Da das Holz dagegen in gewissen Richtungen stärker ist, als in andern, und eine sehr beschränkte Breite hat, so ist seine Anwendung begränzt und erfordert in gewissen Fällen sehr viel Arbeit. Mehr über diesen Gegenstand findet man in Buchanan's schon erwähntem Werk über Maschinen- und Mühlenbaukunst.

Von der Regulirung oder Ausgleichung der Bewegung.

Obgleich wir bis jetzt nur die einzelnen Maschinentheile beschrieben und nicht viel mehr gethan haben, als eine einfache Erklärung des Ausdruckes Maschine zu geben, so ist es doch nothwendig, anzunehmen, daß die Leser einen allgemeinern Begriff von der Beschaffenheit und dem Gegenstande von Maschine und Maschinenwerk, wenn sie in Bewegung ist, haben, als in einer bloßen Erklärung umfaßt

werden kann. Es ist unmöglich, bei einem solchen Werke, wie das vorliegende, so zu verfahren wie bei einem geometrischen Lehrbuche, in welchem man von dem Bekannten zum Unbekannten vorschreitet und nie einen Ausdruck anwendet, der nicht vorher schon erklärt worden ist. Bei einem Werke über Maschinenwesen ist dieß nicht möglich; es ist nicht thunlich, einige von den Elementartheilen zu erklären und zu erläutern, ohne sich auf das Ganze zu beziehen, von welchem der Theil ein Glied ist; dieß ist z. B. jetzt der Fall, indem wir von einer im Betriebe begriffenen Maschine reden.

Die Regulatoren, welche gewöhnlich zur Ausgleichung der Bewegung angewendet werden, lassen sich auf die vier folgenden zurückführen, nämlich auf das Pendel, den Windfang, das Schwungrad und den Regulator; wir können aber auch noch die Luftpumpe hinzufügen.

Das **Pendel** wird nur bei solchen Maschinen angewendet, bei denen Gleichförmigkeit der Bewegung Hauptzweck ist, und es ist daher hauptsächlich auf die Uhren beschränkt, theils als eigentliches Pendel, theils als Spiralfeder. Es scheint, daß der Widerstand, welchen die Friction der Bewegung einer Maschine entgegensetzt, eine constante hemmende Kraft sei, und wenn Bewegung erfolgt, so muß sie stets geringer als die constante bewegende Kraft sein und jede constante Kraft wird eine beschleunigte Bewegung veranlassen. Wenn daher eine Maschine, auf welche eine constante Kraft wirkt, in Bewegung gesetzt wird, so wird diese, ohne Anwendung irgend eines Regulators, fortwährend beschleunigt werden. Es ist bereits bemerkt worden, daß bei Uhren dieß gewöhnlich durch ein Pendel bewirkt wird, welches ein stetes Bestreben hat, gleichförmig zu schwingen; und mittelst der sogenannten Hemmung kann die bewegende Kraft oder das Gewicht bei jeder Schwingung nur einen gewissen Theil hinabgehen. Da nun die Zeit der Schwingung, in Folge der Beschaffenheit des Pendels, gleichförmig ist, so wird die Bewegung der Räder ꝛc. auch gleichförmig. Wir kommen jedoch in der ersten Abtheilung des zweiten Bandes auf die Uhren zurück; hier führen wir das Pendel nur als einen hauptsächlichen Regulator der Bewegung an.

Der **Windfang** (Fly) besteht aus vier oder mehren Speichen, die an einer Welle sitzen und an ihren Enden Flügel von gewisser Größe haben, die gewöhnlich so befestigt sind, daß sie nach jedem Winkel gedreht werden können. Der Windfang wird dann mit irgend einem sich drehenden Theil der Maschine in Verbindung gesetzt und regulirt die Bewegung durch den Widerstand, den sie der Atmosphäre entgegensetzen. Dieser Regulator wird jedoch nur da angewendet, wo Gleichförmigkeit der Bewegung Hauptsache ist, weil, wenn irgend eine Kraft übertragen werden soll, die bewegende Kraft, ehe sie die Uebertragung bewirken kann, den Widerstand des Windfanges zu überwinden hat, und daher eine größere, unnöthige, bewegende Kraft erforderlich ist. Man wendet den Windfang gewöhnlich nicht an, allein in einigen wenigen Fällen ist er ein nützlicher Regulator, wie z. B. bei dem, mit dem Aequatorialfernrohr verbundenen Heliostaten, bei dem Bratenwender, bei dem Schlagwerke der Uhren.

Von dem Schwungrade und dem Regulator. Bei allen größern Maschinen, deren Hauptzweck Uebertragung von Kraft ist, kann keiner von den beiden vorhergehenden Regulatoren angewendet werden, und man nimmt alsdann das Schwungrad und den Watt'schen Regulator. Das erstere hat den Zweck, jede große und plötzliche Unregelmäßigkeit der Bewegung zu verhindern, indem es das von der Maschine gegebene größere Moment aufnimmt und es wiederum abgiebt, wenn auf der bewegenden Seite ein Mangel an Kraft entsteht, oder auf der Widerstandsseite eine größere Last zu überwinden ist. Der Regulator ist dagegen so eingerichtet, daß, wenn die Beschleunigung der Maschine eine gewisse Grenze übersteigt, derselbe auf das Agens, welches die bewegende Kraft mittheilt und den Zufluß derselben verändert, oder auch auf einen andern Theil der Maschine wirkt, um den Widerstand zu vermehren, und auf diese Weise jeden ungewöhnlichen Grad von Geschwindigkeit zu verhindern. Ist dagegen auf der andern Seite die Geschwindigkeit zu gering, so wirkt der Regulator entweder darauf, den Zufluß der bewegenden Kraft zu vermehren, oder den Widerstand zu vermindern. Es kann daher durch die vereinigte Einwirkung des Schwungrades und des Regulators eine stetige, gleichförmige Bewegung, wenigstens innerhalb gewisser Grenzen, erlangt werden.

Es tragen mehre Umstände dazu bei, die Bewegung der Maschine ungleichförmig zu machen. Rührt die Bewegung von der Muskelkraft entweder der Menschen oder der Thiere her, so ist es einleuchtend, daß sich dieselbe nothwendig sehr verschieden äußern muß. Was die bewegende Kraft des Windes anbetrifft, so ist ja dessen Veränderlichkeit zum Sprichwort geworden. Das fließende Wasser zeigt ebenfalls gewisse Unregelmäßigkeiten in der Kraft und Geschwindigkeit, und der Dampf endlich hat auch eine veränderliche Elasticität, welche von der Aufmerksamkeit auf die Feuerung des Kessels, von der erforderlichen Dampfmenge ꝛc. abhängt, weshalb ohne die sinnreichen Vorrichtungen, welche wir beschreiben wollen, eine große Unregelmäßigkeit in der Bewegung folgen würde. Aber nicht allein die Unregelmäßigkeit der bewegenden Kraft muß überwunden werden; eine weit bedeutendere Ursache der unregelmäßigen Bewegung ist in dem verschiedenen Widerstande zu suchen, dem die Maschine unterworfen ist. Eine Maschinenwelle hat an ihren verschiedenen Punkten oft sehr verschiedenartige Lasten zu überwinden, und in einem frühern Abschnitt des vorliegenden Bandes werden wir die Beschreibung von Mitteln finden, wie verschiedene Theile einer zu bewegenden Maschine ein- und ausgerückt oder zu gewissen Zeiten außer Betrieb gesetzt werden, ohne daß die Bewegung der übrigen Theile, oder der als Agens wirkenden Maschine aufhört. Es entsteht daher ein sehr verschiedener Widerstand, welcher der Anwendung der Maschinerien zu der endlosen Verschiedenheit ihrer Benutzungen sehr nachtheilig sein würde, gäbe nicht die Mechanik durch das Schwungrad und den Regulator ein einfaches, aber bewundernswürdiges Mittel an die Hand, diesen Nachtheilen entgegen zu kommen.

Das **Schwungrad** besteht aus einem schweren metallenen Kranz, der mit einer Welle verbunden ist und der sich, mit der Maschine in Verbindung gebracht, mit derselben bewegt und zwar mit einer bedeutenden, nach der Beschaffenheit der von der Maschine zu leistenden Wirkung verschiedenen Geschwindigkeit. Das Moment oder die

Trägheit, die auf diese Weise angehäuft wird, ist so bedeutend, daß die Bewegung einer Maschine noch eine lange Zeit hindurch fortdauert, selbst wenn die ganze Betriebskraft von derselben ausgerückt ist, wie wir aus dem bereits auf Seite 10 angeführten Beispiele so deutlich ersahen. Das Schwungrad ist daher ganz besonders dazu geeignet, die geringern Unregelmäßigkeiten, von denen wir eben redeten, d. h. nicht allein der der Betriebskraft, sondern auch der des Widerstandes der Maschine und der Abänderung und Wechselwirkung derselben, auszugleichen. Auch zur temporären Anwendung bei sehr bedeutenden Widerständen, wie beim Walzen des Eisens ꝛc. ist es von zweckmäßiger Anwendung. In dem letztern Fall dient das Schwungrad nicht gänzlich als Regulator, sondern vielmehr als ein Vermehrer oder Anhäufer; denn ohne ein solches Magazin von Kraft, wie es liefert, würde die bloße Kraft der Maschine selbst nicht im Stande seyn, den verlangten Grad der Betriebskraft hervor zu bringen. Wirklich ist es ein unerläßlicher Anhang bei einer großen Anzahl von Maschinen, und es wird daher nothwendig sein, daß wir uns auch mit seiner Theorie beschäftigen, so wie wir schon weiter oben von seiner Construction gehandelt haben Denn es ist einleuchtend, daß ein Rad von mehren Tonnen Gewicht und von großem, selbst 20 bis 30 Fuß betragenden Durchmesser, welches sich mit großer Geschwindigkeit umdreht, nicht allein aus sehr starken Materialien bestehen, sondern auch sehr fest zusammen verbunden und mit großer Geschicklichkeit und Sorgfalt angewendet werden muß, weil sonst die Centrifugalkraft und folglich auch der Druck des Kranzes auf die Arme den Zusammenhalt der Theile übersteigen, und das Rad durch seine eigene Kraft zerstören würde. Man hat mehre Beispiele der Art, bei denen Theile eines Schwungrades von sehr bedeutendem Gewicht mehre hundert Fuß weit weggeschleudert wurden.

Theoretische Untersuchung der Wirksamkeit des Schwungrades. — Um die Beschaffenheit und die Vortheile der Wirkungsart eines Schwungrades zu bestimmen, müssen wir die Frage in zwei Fälle trennen: 1) wenn die Betriebskraft constant, oder vielmehr stetig ist, wie bei dem Wasserrade oder der Windmühle; 2) wenn sie periodisch ist, wie bei den aufeinanderfolgenden Kolbenzügen einer Dampfmaschine. Stellen wir aber unsere Vergleiche lediglich mit der Anzahl der Umdrehungen oder der Züge an, und lassen wir daher die geringe Beschleunigung, welche während einer Umdrehung oder eines Zuges statt findet, unberücksichtigt, d. h. nehmen wir an, daß die Kraft per saltum oder stoßweise wirkt, so können wir beide Fälle zu einem vereinigen, und unsere Untersuchungen dadurch sehr vereinfachen.

Beschränken wir uns auf die Dampfmaschine, und lassen wir zuerst den Widerstand und die Friction der Theile unberücksichtigt, nehmen wir ferner an, daß das Schwungrad unmittelbar mit der Kurbelwelle verbunden sei, so ist es einleuchtend, daß jeder doppelte, d. h. sowohl auf- als niederwärts gehende Kolbenzug eine Umdrehung des Schwungrades veranlassen wird. Wenn daher l die Länge des Kolbenzuges in Fußen, r den Halbmesser des Rades in Fußen und $\pi = 3{,}1416$ bezeichnet, so werden die relativen Geschwindigkeiten der Peripherie des Rades und die des Kolbens sich wie πr zu l verhalten. Wird daher das Gewicht

des Rades, von dem man annimmt, daß es gänzlich in dem Kranz angehäuft sei, mit w und der Druck auf dem Kolben mit p bezeichnet, so werden sich die relativen Momente wie $\pi r w$ zu $p l$ verhalten. Bei diesem Zustande der Frage würde übrigens eine stets steigende Beschleunigung statt finden; nicht wie bei der Schwerkraft, in jedem Augenblick, sondern bei jedem folgenden Zug des Kolbens der Dampfmaschine und bei jeder Umdrehung des Wasserrades oder der Windmühlenflügel zunehmend, weil wir keine Beschleunigung während der Umdrehung, sondern eine Zunahme bei jeder vollendeten Umdrehung annehmen. Nach dieser Ansicht des Gegenstandes muß sowohl die Geschwindigkeit des Kolbens, als auch die der Peripherie des Schwungrades fortwährend beschleunigt werden, indem sie stets dasselbe Verhältniß zu einander behalten, bis daß die Geschwindigkeit eines jeden so ist, wie es die Kraft der Maschine und der zu leistende Nutzeffect erfordern. Nachdem nun ein Widerstand angehängt worden ist, der gleich der Betriebskraft oder dem Kolbendruck ist, hört die Beschleunigung auf, und die Bewegung der Maschine fährt fort, bei dem Gleichbleiben von Betriebskraft und Widerstand stets dieselbe zu sein.

Um nun den Belang der an der Peripherie des Rades angehäuften Kraft zu bestimmen, haben wir nur das Verhältniß der beiden Momente, nämlich $lp : \pi r w$ zu betrachten, und wir haben zu ihrem Maaß $\frac{\pi r w}{lp}$; d. h. ein Stoß an der Peripherie des Rades würde den von dem Kolben gegebenen in dem Verhältniß von $1 : \frac{\pi r w}{lp}$ übersteigen. Wird aber ein Widerstand gegen die Bewegung des Rades angenommen, der näher an der Axe liegt, so wird die Wirkung von dem Moment des Rades noch in dem Verhältniß steigen, als der Angriffspunkt näher an der Axe liegt. Bezeichnet man daher die Entfernung mit d, so wird das Maaß von des Rades Wirkung $\frac{\pi r^2 w}{lpd}$ sein. Bei übrigens gleichen Umständen wird daher die zur Ueberwindung des Widerstandes erforderliche Kraft, sich wie r^2 verändern; und wenn alles Uebrige außer dem Gewichte constant ist, so wird sich seine Kraft wie w verhalten. Wenn man daher gesagt hat, es sei besser, den Halbmesser des Rades zu vermehren und das Gewicht zu vermindern, als das Gewicht zu vermehren und den Halbmesser beizubehalten, so ist dieß theoretisch richtig, aber praktisch falsch. Denn bei zunehmendem Halbmesser und gleichbleibendem Gewicht müssen wir die Dimensionen vermindern, während wir den Druck auf die Arme vermehren, so daß, wenn wir solch eine Regel befolgen, ohne diese Seite der Frage zu beantworten, unfehlbar die Zerstörung des Rades durch seine eigene Centrifugalkraft herbeigeführt werden würde, wodurch viele Menschenleben verloren gehen können. Solche Unglücksfälle sind vorgekommen, und wie viel derselben jenen theoretischen Doktrinen zuzuschreiben sein mögen, läßt sich nur schwer sagen. Es liegt vielleicht gänzlich innerhalb der Gränzen der Mathematik, bei gegebenem Gewicht und bei gegebener Geschwindigkeit des Rades die erforderlichen Dimensionen der Arme zu berechnen; allein der praktische

Mechaniker findet einen weit besseren Führer in den vorhandenen Maschinen von den besten Leistungen, und die im Allgemeinen das Resultat vieler Versuche und oft theuer erkaufter Erfahrungen ist.

Um die Verminderung der Geschwindigkeit des Schwungrades und folglich auch der Maschine, entweder wegen einer temporären Aufhebung der Betriebskraft, oder wegen eines temporär vermehrten Widerstandes, bestimmen zu können, müssen wir das Verhältniß zwischen den beiden Momenten betrachten. Wir wollen z. B. annehmen $lp : \pi wr = 1 : n$ und der Kolben, oder die Kurbel, durch welche er wirkt, vollendete seine Operation bei einem Zuge, d. h. unten oder oben im Cylinder angelangt, so ist es einleuchtend, daß ein Moment $= 1$, sich durch den Widerstand der Maschine verlieren und die Geschwindigkeit des Rades im Verhältniß von $1 : \frac{n - 1}{n}$ oder wie $1 : \frac{\frac{\pi wr}{lp} - 1}{\frac{\pi wr}{}}$, oder wie $1 : \frac{\pi wr - lp}{\pi wr \times lp}$ vermindert werden würde. Wenn man nun weiter annimmt, daß die Unterbrechung der Wirksamkeit, statt während eines Kolbenzuges, während eines kleinen Theils von demselben stattfinde, wie es wirklich bei jedem einzelnen Zuge der Fall ist und daß diese Unterbrechung nur $^1/_q$ Theil von der Zeit betrage, in welcher der Zug gemacht worden ist, so wird der Wechsel in der Geschwindigkeit des Rades sich wie $1 : \frac{qn - 1}{qn}$ verhalten, welches fast unmerklich ist, wenn das Product rw auch eine bedeutende Größe hat. Es ist nicht leicht, die Hemmung zu schätzen, welche die Geschwindigkeit durch einen temporären Widerstand erleidet, es ist in manchen Fällen unmöglich, einen Begriff von seinem Belang zu erlangen, so wie z. B. von dem Widerstande, den bei einem Walzwerke die Einführung des zu walzenden Eisens veranlaßt und mehre andere Fälle. Wir können daher hierbei nur durch die praktische Erfahrung geleitet werden. Ist aber der Widerstand von solcher Beschaffenheit, daß das ihm gleiche Moment ausgedrückt werden kann, so ist die Verminderung der Geschwindigkeit nach ähnlichen Prinzipien zu berechnen, als die der Unterbrechung der Betriebskraft, indem der dem Kolben mitgetheilte Widerstand wirklich solcher Unterbrechung gleich ist.

Wir haben jetzt angenommen, daß das Schwungrad mit der Kurbelwelle verbunden sei, um die Erläuterung seiner Wirkung zu vereinfachen; allein es ist offenbar dem Prinzip nach gleich und nur im Belang verschieden, wenn es mit einem andern Maschinentheil verbunden ist. Wir haben daher nur die relative Geschwindigkeit des Kolbens und des Schwungrad-Kranzes, die eine mit dem Druck auf den Kolben und die andere mit dem Gewicht des Rades zu multipliciren, um die relativen Momente zu erhalten, und daher kann die Berechnung auf die oben angegebene Weise angestellt werden. Wir wollen z. B. annehmen, daß sich der Dampfmaschinenkolben mit einer Geschwindigkeit von $3^2/_3$ Fuß und der Kranz des Rades mit einer Geschwindigkeit von 8 Fuß in der Secunde bewege, daß der Druck auf den Kolben 3000 Pfund und das Gewicht

des Rades 10 Tonnen oder 22400 Pfund betrage und daß der Kolben während $^1/_{10}$ seines Zuges unwirksam sei.

Nach der obigen Bestimmung haben wir als Verhältniß der Momente $1 : \frac{22400 \times 8}{3000 \times 3^2/_3} = 1 : \frac{1792}{110}$ oder $1 : 16{,}3$ annähernd, und da $q = 1$, so haben wir $\frac{16{,}3 - 1}{1} = 16{,}2$, d. h. die Unregelmäßigkeit der Bewegung verhält sich wie 162 zu 163.

Weiter oben haben wir die Frage aufgestellt, ob es besser sei, den Halbmesser zu vergrößern und das Gewicht beizubehalten, oder das letztere zu erhöhen und den Halbmesser zu lassen, wenn das Moment des Rades erhöht werden soll. Wir haben gesehen, daß in dem erstern Fall eine gewisse Grenze nicht überschritten werden kann, wenn die Sicherheit nicht gefährdet werden soll. Denn bei erhöheter Geschwindigkeit würden sowohl die Arme als auch der Kranz selbst zerbrechen, und wollte man das Gewicht vermehren und den Halbmesser beibehalten, so würde die Welle mehr belastet und die Reibung vermehrt werden. Der geschickte Maschinenbauer wird daher weder das Eine noch das Andere wählen, sondern er wird es ohne Zweifel vorziehen, beides, sowohl das Gewicht als auch den Halbmesser, zu vermehren und dadurch die für die größere Geschwindigkeit verhältnißmäßig größere Stärke erlangen.

Es giebt auch noch einen andern Weg, das Moment zu vermehren, nämlich indem man dem Rade eine vermehrte Winkelgeschwindigkeit giebt; allein auch hier sind wir durch Berücksichtigung der Stärke beschränkt, denn ein Rad, welches nur die für eine Geschwindigkeit v geeigneten Dimensionen hat, würde zerstört werden, wenn wir ihm eine Geschwindigkeit $2v$ gäben, so daß wir nicht im Stande sind, diesem Prinzip nach Belieben zu folgen. Unglücklicher Weise ist es ganz unnütz, theoretische Regeln zur Bestimmung der Grenzen zu geben; praktische Resultate sind die besten Führer. Obgleich für den Mathematiker eine Demüthigung, so ist es doch nur zu wahr, daß seine vielumfassende Wissenschaft solche Fragen nicht zu beantworten vermag.

Wir haben daher drei verschiedene Wege, dasselbe Moment hervorzubringen; d. h. bezeichnet man die Winkelgeschwindigkeit eines Rades mit n, das Gewicht mit w und den Halbmesser mit r, so ist das Moment nwr, indem man eine jede von diesen Größen nach Belieben, innerhalb ausführbarer Grenzen, annimmt. Hin und wieder, wo es günstige Umstände gestatteten, sind Versuche angestellt, um in Fällen, in denen die numerischen Ausdrücke für das Moment dieselben waren, zu bestimmen, welches von den beiden verschiedenen Rädern den Vorzug verdient. Solch ein Versuch wurde z. B. in dem Königl. Schiffswerfte zu Portsmouth angestellt. Es waren daselbst zwei Schwungräder von gleichem Gewicht, allein von verschiedenen Halbmessern vorhanden, deren Winkelgeschwindigkeit übrigens in solchem Verhältniß stand, daß ihre Momente gleich waren. Das Resultat bestand darin, daß ein Rad zu einer Art von Arbeit besser paßte, als das andere. Obgleich beide Fälle mit gleichem numerischen Ausdruck bezeichnet werden, so sind sie doch in dem, was man die Intensität der Wirkung nennt, verschieden, und daher ist eine mathematische Erör-

terung dieser und anderer, praktisch sehr wichtiger Fragen, gänzlich unnütz.

Von den Regulatoren (governors). — Schon weiter oben haben wir die wichtigen Dienste beschrieben, welche das Schwungrad als Regulator der Geschwindigkeit einer Maschine leistet, so wie seine Wirkung als Verbesserungsmittel der Unregelmäßigkeiten, denen eine solche unterworfen ist. Seine Wirkung ist, wie wir gesehen haben, die eines Magazins von Kraft, so daß jede plötzliche Zu- oder Abnahme der Last, oder, was fast dasselbe ist, jede plötzliche Zu- oder Abnahme der Betriebskraft, wenn sie nur von kurzer Dauer ist, die Geschwindigkeit der Maschine nur wenig angreift. Dauern aber diese Veränderungen einige Zeit hindurch, so verliert das Schwungrad seine Wirkung und die Maschinerie erlangt eine beschleunigte oder gehemmte Geschwindigkeit. Um nun unter diesen Umständen eine vollkommene Gleichförmigkeit zu erlangen, ist es nothwendig, daß die Geschwindigkeit der Maschine den Ersatz der Betriebskraft in ihrer Gewalt hat, und es wird dieß auf eine bewunderungswürdige Weise durch eine sehr schöne Erfindung, durch den sogenannten Regulator, der aus einer oder aus mehren Kugeln besteht, die sich mit der Maschine umdrehen und durch die Wirkung der Centrifugalkraft sich mit verschiedener Geschwindigkeit in verschiedenen Lagen bewegen. Die auf diese Weise erlangte Bewegung wird durch verschiedene Maschinentheile fortgepflanzt, so daß sie auf den Zufluß der Betriebskraft, oder auf die Stärke des Widerstandes wirkt.

Ein nach dem letztern Prinzip eingerichteter Regulator wurde schon seit langer Zeit in England, unter dem Namen Lift tenter, bei den Windmühlen angewendet, um die unregelmäßige Wirkung des Windes, wodurch das Korn zu schnell durch die Steine getrieben wurde, ohne hinlänglich gemahlen worden zu sein, auszugleichen. Diese Maschine, mit einem Theil von dem Gerüst des Mühlsteins, mit welchem es verbunden worden, ist in Fig. 1, Taf. IV, dargestellt. Mit der Steinspindel sind vier Arme, aaaa, und mit dem hohlen Cylinder c, der lose über der Spindel gesteckt ist, sind vier ähnliche Arme, bbbb, verbunden. Die Pendel, dddd, sind an den Armen, aaaa, aufgehängt, die an ihren untern Enden Löcher haben, durch welche die Arme von dem losen Cylinder gehen. Wenn die Mühle in Ruhe ist, so hängen die Pendel senkrecht; wenn sie aber im Gange ist, so erlangen die Pendel mittelst der Centrifugalkraft eine schiefe Stellung und die Geschwindigkeit derselben nimmt verhältnißmäßig zu und hebt verhältnißmäßig den losen Cylinder c. Dieser wirkt auf das eine Ende eines Hebels, der mit dem Nagel in Verbindung steht, auf welchem die Brücke der Steinspindel ruhet, und drückt den obern Mühlstein nieder, so wie der Wind stark wird, so daß das Korn in allen Fällen gehörig gemahlen wird und zu gleicher Zeit die Bewegung des Steins einen größern Widerstand erleidet. Auf diese Weise wird die Geschwindigkeit der Mühle zum großen Theil ausgeglichen.

Die einfachste Form des neuern Regulators (von dem Engländer Watt erfunden und nach ihm Watt'scher Regulator, oder auch konisches Pendel benannt) ist in Fig. 2 dargestellt. AA ist eine senkrechte Spindel, welche sich mittelst der Maschinerie fortwährend umdreht. Bei a

sind durch ein Gelenk zwei Arme oder Pendel angebracht, und an jedem Ende eines jeden ist eine schwere metallene Kugel, b, vorhanden. Von den Pendeln laufen zwei Eisenstangen, dd, nach einem Ringe e, und sind mit beiden durch Gelenke verbunden. Der Ring ist auf der Spindel auf und nieder zu schieben und hat einen Hals ringsum, welche das Ende einer Gabel D aufnimmt. Das Steigen und Fallen des Ringes mit der Gabel, veranlaßt dieselbe Bewegung bei dem Hebel D, der durch andere Hebel wirkt und nach der Beschaffenheit der Maschine die Ergänzung des treibenden Agens, sei es Dampf oder Wasser, regulirt.

Von der Uebertragung und Verwandlung der Bewegung.

Gehen wir darauf zurück, was wir schon von den Wirkungen der Betriebskräfte gesagt haben, so scheint es, daß dieselbe stets geradlinigt sei; allein wenn sie tangentiel auf die Peripherie eines Kreises wirken, so bringen sie unmittelbar eine rotirende Bewegung hervor, und bei der Anwendung der auf diese Weise erlangten Betriebskräfte wird es nothwendig, die Wirkung mittelst eines sogenannten Zwischengeschirres, oder vermittelnder Maschinentheile, andern Maschinentheilen mitzutheilen. Es ist daher erforderlich, daß eine geradlinigte Bewegung eine andere dergleichen hervorbringe, welche entweder dieselbe oder eine andere Richtung und gleiche, oder steigende oder verminderte Geschwindigkeit hat. Auf gleiche Weise muß eine rotirende Bewegung zuweilen eine andere rotirende, entweder in derselben, oder in einer entgegengesetzten Richtung, und mit steigender oder verminderter Geschwindigkeit hervorbringen. In andern Fällen soll eine geradlinigte Bewegung in eine kreisförmige, und eine kreisförmige in eine geradlinigte verwandelt werden; sowohl geradlinigte als rotirende sollen eine stete Bewegung hervorbringen und diese eine abwechselnd wiederkehrende ꝛc.

Die verschiedenen Wege beschreiben zu wollen, mittelst denen diese verschiedenen Wirkungen hervorgebracht worden sind, hieße fast jede Art von Maschinen, die je erfunden worden ist, untersuchen und würde sehr ungeeignet für diesen Ort sein.* Unser Zweck ist hier nur der, die einfachern Mittel zu erläutern, welche dazu angewendet werden, um den von der Betriebskraft unmittelbar bewegten Maschinentheil mit dem wirkenden zu verbinden. Uebrigens wird man einsehen, daß die große Verschiedenheit von Vorrichtungen, mittelst denen die Richtung der Bewegung bei den Fabrikations-Prozessen verändert wird, alle die kleinen Einzelnheiten derjenigen Operationen, welche der Scharfsinn der Mechaniker für besondere Zwecke ersonnen hat, am besten einzeln, so wie sie bei der Beschreibung der verschiedenen Maschinen und Verfahrungsarten vorkommen, beschrieben werden können, und dieß wird denn auch in den verschiedenen Abtheilungen des Werkes geschehen.

Die Verwandlung der Richtung der geradlinigten Bewegung, entweder mit steigender oder mit verminderter Geschwindigkeit, wird im Allgemeinen durch Rollen oder Scheiben bewirkt und ist zu bekannt, um noch einer Erläuterung zu bedürfen.

* Wir verweisen deßhalb auf Lanz und Betancourt Versuch über die Zusammensetzung der Maschinen. A. d. Franz. von Kreyher. Berlin 1829.

Eine stetige geradlinigte Bewegung wird mittelst eines niedergehenden Gewichts, welches mit dem Ende einer, um eine Walze oder Trommel gehenden Schnur verbunden ist, in eine kreisförmige verwandelt, wie es bei einer Uhr der Fall ist. Die Wirkung des Windes auf die Segel einer Windmühle, die des Wassers auf die Schaufeln eines unterschlächtigen Wasserrades sind andere Beispiele dieser Art, welche hier keiner weitern Erläuterung bedürfen.

Eine abwechselnde geradlinigte Bewegung in eine kreisförmige stete zu verwandeln. — Dieß ist eine Frage von großer Wichtigkeit in der praktischen Mechanik. Gewöhnlich geschieht diese Umwandlung mittelst einer Kurbel; jedoch werden dazu auch noch einige andere Mittel angewendet, welche wir demnächst kennen lernen werden.

Von der Kurbel (Krummzapfen, crank). — Es sei erforderlich, dem Rade ABCD, Fig. 3, Taf. IV, mittelst einer abwechselnd senkrechten Bewegung der Stange QF, eine rotirende Bewegung um seinen Mittelpunkt O, zu ertheilen. Man nehme an, daß sich die senkrechte Stange QF frei um einen Nagel an ihrem obern Ende und auch bei F, an irgend einem Punkte des Rades ABCD, um einen solchen bewege, oder daß es, wie in vorliegender Figur, mit der Warze einer Kurbel verbunden sei. Beide Enden haben daher eine freie Bewegung. Nun ist es einleuchtend, daß während der Punkt Q in die Höhe steigt, er den Hebel FO so lange in die Höhe ziehen wird, bis daß der Punkt F senkrecht ist und daher eine Bewegung des Rades veranlassen muß. In diesem Augenblick beginnt der Niedergang der Stange QF und stößt den Hebel oder die Kurbel, bis sie abermals einen senkrechten Stand erreicht hat und zwar unten bei E. Darauf beginnt die Stange QF wieder in die Höhe zu gehen und zieht die Kurbel mit sich empor und ertheilt auf diese Weise dem Rade eine stete Umdrehung. Es ist einleuchtend, daß die Stange QF an den beiden senkrechten Punkten E und G keine mechanische Wirkung habe; allein die von dem Rade durch seine vorhergehende Bewegung erlangte Trägheit führt sie über diese todten Punkte weg und die Umdrehung wird stetig.

Es ist ferner einleuchtend, daß die Wirkung an verschiedenen Punkten der Peripherie verschieden ist, und daß folglich das Rad ungleich vorwärts getrieben wird, weshalb das weiter oben beschriebene Schwungrad bei der Ausgleichung aller dieser Unregelmäßigkeiten große Dienste leistet.

Um die tangentiel auf das Rad an irgend einem Punkte der Umdrehung ausgeübte Wirkung zu verfolgen, stelle CB, Fig. 4, die senkrechte Linie vor, auf welche der Hebel wirkt, und D die Stellung der Kurbel an irgend einem Punkte der Umdrehung. Es bezeichne a den Winkel DCo, d. h. den Winkel der Neigung der Kurbelstange, wenn die Kurbel bei D steht; es bezeichne ferner c den Winkel DoE der Stellung der Kurbel und P die senkrechte Kraft der Stange. Man löse P in die beiden Kräfte CD und DG auf, von denen erstere CD = P sec. a ist. Man ziehe DF senkrecht auf Do und fälle CF senkrecht auf DF, so wird FD die Tangentialkraft bei D darstellen.

Da CF und Do parallel sind, DCF = (a + b), so haben wir:

Kraft in DF = P sec. a sin. (a + c) oder Kraft in DF = P (sin. a cos. c + sin. c. cos. a) sec. a.

Um den sin. und den cos. des Winkels a zu finden, verhalte sich die Länge der Stange CD zu dem Radius oD = n : 1. Da nun DG beiden Dreiecken gemeinschaftlich ist, so ist sin. c = n sin. a oder $\sin. a = \frac{\sin. c}{n}$

$$\text{und } \cos. a = \sqrt{\left(1 - \frac{\sin.^2 c}{n^2}\right)} = \frac{\sqrt{(n^2 - \sin.^2 c)}}{n}$$

Nachdem diese Substitutionen gemacht worden sind, erhalten wir die Kraft $DF = P \sin. c \left\{\frac{\cos. c}{\sqrt{n^2 - \sin.^2 c}} + 1\right\}$ welcher Ausdruck leicht in Zahlen zu verwandeln ist.

Auf einem ähnlichen Wege finden wir auch die nachträgliche Belastung des Wellzapfens und folglich auch die Friction gleich

$$P \left\{\cos. c \mp \frac{\sin.^2 c}{\sqrt{(n^2 - \sin.^2 c)}}\right\}.$$

Das untere Zeichen wird gebraucht, nachdem die Stange eine Tangente des Kreises geworden ist, d. h. wenn CF auf die andere Seite von CD fällt, und das untere Zeichen für die in der Figur dargestellte Stellung.

Die folgende Tabelle ist von Herrn Tredgold berechnet worden und zeigt die veränderliche Kraft der Kurbel an verschiedenen Punkten seiner Rotation. Die Länge des Kurbelarms ist = 1, die Länge der Kurbelstange = 2, 3, 4 u. s. w. bis 7 angenommen, und die Kräfte in der Tangente sind für jeden Fall, unter verschiedenen Winkeln von 0 bis 180°, berechnet worden.

Tabelle
über die Veränderungen der Kraft der Kurbel
nach der Formel:

$$\text{Kraft} = P \sin. c \left(\frac{\cos. c}{\sqrt{n^2 - \sin.^2 c}} + 1\right);$$

P als die Einheit betrachtet.

Theil des beschriebenen Zuges, den ganzen als Einheit angenommen	Zahl der von der Kurbel beschrieb. Grade v. o. herab.	Länge der Kurbelstange l, ausgedrückt durch Längen der Kurbel r. l = 2r	l = 3r	l = 4r	l = 5r	l = 6r	l = 7r	Belastung der Welle, wenn l = o
0,000	0°	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,000
0,076	30	0,72	0,65	0,61	0,59	0,57	0,56	0,825
0,146	45	0,97	0,87	0,83	0,80	0,78	0,77	0,624
0,250	60	1,10	1,01	0,98	0,95	0,94	0,93	0,375
0,500	90	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,169
0,750	120	0,62	0,75	0,75	0,78	0,79	0,80	0,625
0,854	135	0,43	0,57	0,57	0,60	0,62	0,63	0,790
0,933	150	0,27	0,39	0,39	0,42	0,43	0,44	0,907
1,000	180	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,000

Die Wirkung eines Mannes an der Winde oder dem Haspel ist dem Obigen ähnlich. Die Anstrengung eines

Menschen besteht in diesem Falle in Ziehen und Stoßen, und kann gewissermaßen mit der ziehenden und stoßenden Kraft der Kurbelstange bei dem obigen Beispiel verglichen werden. Gewöhnlich werden bei dem Haspel doppelte Kurbeln angewendet, die einander im Allgemeinen diametrisch gegenüber liegen; allein da dieß die schwachen Punkte beider Kurbeln zu gleicher Zeit heranbringt, so stellt man die Kurbeln besser rechtwinklig gegen einander. Die beste Länge einer Kurbel für einen Menschen beträgt 16 Zoll.

Eine andere Methode, eine abwechselnd geradlinigte oder senkrechte Bewegung in eine rotirende umzuändern, ist in Fig. 5 dargestellt. Man nennt diese Vorrichtung das Sonnen- und Planeten-Rad (sun and planet wheel). Ein Stirnrad A ist central mit dem großen Rade verbunden, dem die rotirende Bewegung mitgetheilt werden soll; B ist ein anderes Stirnrad, welches fest mit dem Ende einer senkrechten Stange CC verbunden ist, so daß es sich nicht umdrehen kann; beide Räder sind auch noch durch ein starkes Gelenk mit einander verbunden, so daß sie sich nicht trennen können. Soll nun die Welle D in der Richtung der Pfeile gedrehet werden, so ist es klar, daß sich das Rad B in derselben Richtung rings um das Rad A bewegen und die Stange CC so lange heben muß, bis das Rad B an dem obern Punkte des Rades A angelangt ist, worauf durch Fortsetzung der Bewegung des großen Rades, das Rad B nothwendig wieder zu seiner ersten Stellung hinabgehen muß, und so fort. Auf diese Weise wird eine drehende Bewegung in eine senkrechte umgeändert; welches wir hier der deutlichern Erklärung wegen annehmen, obwohl die Wirkung gerade die entgegengesetzte ist. Es wird nämlich da, wo man diese Vorrichtung anwendet (welches aber jetzt nur noch selten der Fall ist, da sie fast überall durch die weit einfachere Kurbel ersetzt worden), die Stange CC von dem Balancier der Dampfmaschine in Bewegung gesetzt, woraus nothwendig folgt, daß dem Rade A und dem damit verbundenen Schwungrade eine rotirende Bewegung mitgetheilt werden muß.

Eine kreisförmige Bewegung wird in eine andere kreisförmige Bewegung, nach derselben, oder nach andern Richtungen, auf sehr verschiedene Weise, mit oder ohne Veränderung der Geschwindigkeit, mitgetheilt, nämlich durch Bänder, oder Riemen und Seile, durch Räder und Getriebe und durch Winkelräder; allein es sind diese Vorrichtungen im Allgemeinen so einfach und so gewöhnlich, daß sie ein Jeder kennt, und wir wählen daher nur einige wenige Beispiele, und zwar nur solche, bei denen eine Veränderung der Richtung oder der Geschwindigkeit stattfindet. *

Durch Bänder oder Riemen. — Eine sehr einleuchtende und vielleicht die früheste Methode, rotirende Bewegung mit oder ohne Veränderung der Geschwindigkeit fortzupflanzen, ist die durch Bänder oder Riemen, von der wir viele Beispiele haben. Fig. 6 zeigt eine Bewegung dieser Art, bei welcher mittelst einer Reihe von Scheiben oder Rinnen in einer Rolle, die mit andern in einer andern ähnlichen correspondiren, bei stets gleichbleibender Länge des Riemens oder der Schnur eine sehr verschiedene

* Ueber eine neue Fortpflanzungsmethode der Bewegung mittelst Eisendrähten, s. Dinglers Journ. Bd. 64, S. 273 rc.

Geschwindigkeit erlangt werden kann, indem man das Band blos auf die benachbarten Scheiben, oder in die benachbarten Rinnen zu schieben braucht.

Winkelräder gewähren auch eine Methode, die Richtung der Bewegung von einer Linie zu der andern, unter irgend einem Winkel zu verändern. Wir verweisen auf das, was wir schon weiter oben über die Winkelräder gesagt haben, und auch auf Fig. 2, Taf. IV.

Abgestumpfte und gegenseitig in eine umgekehrte Richtung gestellte Kegel werden auch zuweilen zur Veränderung der Geschwindigkeit angewendet, wenn sie nach und nach und gleichförmig beschleunigt erfolgen soll. Hierbei bewegt ein Kegel A, Fig. 7, einen andern B, mittelst eines Bandes, das längs der Oberfläche beider durch einen Führer geschoben wird, wodurch die Bewegung nach Belieben beschleunigt oder gehemmt, oder constant erhalten, letzteres, indem der Führer an derselben Stelle erhalten wird.

Eine andere Methode, die Geschwindigkeit zu wechseln, ist in Fig. 8 dargestellt worden. Die beiden Räder A und B sind an einer und derselben Welle, etwas von einander entfernt, befestigt; die andern beiden Räder C und D sind zusammen gegossen oder aneinander geschroben und können auf ihrer Welle etwas hin und her geschoben werden. Wenn CD auf seiner Welle etwas zurück geschoben wird, so greifen die Zähne von C in die von A, während die von B aus den Zähnen des Rades D gerückt werden, und eine gewisse Geschwindigkeit ist das Resultat dieser Operation. Schiebt man dagegen das Rad C vorwärts, so greifen die Zähne des Rades B in die von D, und es entsteht ganz natürlich eine gänzlich verschiedene Geschwindigkeit.

Die Verwandlung einer steten kreisförmigen Bewegung in eine abwechselnd geradlinigte kann offenbar dadurch bewirkt werden, daß man die bereits beschriebenen Methoden, eine abwechselnd geradlinigte Bewegung in eine stete kreisförmige umzuändern, gerade umkehrt; allein in der Praxis werden diese Methoden gewöhnlich nicht angewendet. Die folgenden beiden Arten sind zuweilen, so wie es die Umstände erforderten, entweder auf die eine oder die andere Weise benutzt. Wir reden hier von denselben als von einem Mittel, eine rotirende in eine abwechselnd geradlinigte Bewegung umzuändern.

Man denke sich ein Getriebe A, Fig. 9, welches das Rad BB' bewegt, das seinerseits dem ganz gleichen Rade CC' Bewegung mittheilt. Mit den Wellen dieser Räder, über die Zapfenlager LL hinaus, sind die Kurbeln DD' verbunden und an ihren Warzen sitzen die Kurbelstangen GG', welche sich vollkommen frei bewegen und mit der Querstange HH verbunden sind, in deren Mitte die Stange J, welcher die senkrechte Bewegung ertheilt werden soll, befindlich ist. Nun ist es einleuchtend, daß wenn das Getriebe A, nach der Richtung des Pfeiles, in eine rotirende Bewegung gesetzt wird, die Bewegung der beiden Räder und der Kurbeln DD' in der Richtung stattfinden wird, welche die Pfeile zwischen B und C zeigen und wodurch die Enden DD' der Arme nach B und C und dann nach B'C' geführt und auf diese Weise durch das abwechselnde Schließen und Oeffnen der beiden Punkte DD', so wie durch ihren Auf- und Niedergang der Stange J eine vollkommen geradlinigte Bewegung ertheilt wird.

Eine andere Methode besteht darin, daß das Rad A B, Fig. 10, mit einer innern Verzahnung an seinem Platze befestigt wird, und daß sich innerhalb desselben das innere Rad C D, mit äußern Zähnen und mit der halben Größe des festen Rades, umdreht. An dem Kranz des kleinen Rades ist ein genau abgedrehter Stift angebracht; durch die Umdrehung des Rades geht der Stift in dem Durchmesser des großen Rades senkrecht auf und nieder und ertheilt daher einer jeden, mit demselben verbundenen Stange dieselbe senkrechte oder geradlinigte Bewegung. Das Resultat dieser Operation ist nicht so einleuchtend, wie in dem vorhergehenden Fall, weshalb es nicht unzweckmäßig sein wird, dem Leser einen kurzen geometrischen Beweis von der Wahrheit des Satzes zu geben.

Es stelle aedf, Fig. 11, das feste Rad und ac, b'c das innere, sich drehende Rad in zwei Stellungen vor, von denen die erstere die am Ende des senkrechten Durchmessers ad des großen Rades ist. Es soll nun gezeigt werden, daß, wenn das kleine Rad irgend eine andere Stellung, b'c, annimmt, der Punkt a an seiner Peripherie stets in dem Durchmesser ad liegen wird. Um dieß nun zu beweisen, ist nur zu zeigen nöthig, daß der Bogen $b'a'$ in der zweiten Stellung, zwischen b' und der senkrechten Linie ad durchschnitten, stets gleich dem Bogen $b'a$ des größern Kreises ist. Man nehme oo' als die Mittelpunkte des Kreises in den beiden Stellungen an, verbinde $b'c$, $b'o$, $a'o'$, so ist es einleuchtend, daß $ba = b'a'$ und daß der Winkel $boa =$ dem Winkel $b'o'a' = 2b'ca$, weil ein Winkel am Mittelpunkt doppelt so groß, als ein Winkel an der Peripherie ist. Nun verhält sich aber die Länge der Kreisbogens, wie die dazu gehörigen Winkel, multiplicirt mit

ihren Radien. Da nun der Winkel der größern Peripherie die Hälfte von dem der kleinern beträgt, aber ihr Radius doppelt so groß ist, als der der kleinern, so sind sich die Winkel selbst gleich, d. h. in allen Stellungen ist $b'a' = ba$ und folglich liegt der Punkt a stets in der Senkrechten ad.

Wir wenden uns nun zu einer andern Reihe von Capiteln, in denen von der Gestalt und Construction der Maschinen geredet werden wird. In dem vorhergehenden Capitel beschäftigten wir uns mit den Grundsätzen der Construction der verschiedenen Theile der Maschinen, und es bleibt uns daher ihre Combination zu erläutern übrig, d. h. wir haben nun die Art und Weise zu erklären, nach welcher die verschiedenen Kräfte in den Stand gesetzt werden, eine rotirende Bewegung hervor zu bringen. Jedoch schließen wir jetzt von unsern Untersuchungen die Wirkungen oder die von den einfachen Maschinen auszuführenden Arbeiten, gänzlich aus. Eine Windmühle z. B. wird nach gleichen Prinzipien gebauet, sie mag nun den Zweck haben, Wasser zu pumpen oder Korn zu mahlen, und dasselbe läßt sich von den Wasserrädern, von den Pferdegöpeln, von den Treträdern, oder von den Dampfmaschinen sagen. Alle werden als erste Beweger, zur Hervorbringung einer Rotation benutzt, die dann weiter zur Bewegung jeder Maschine, oder zu irgend einem Fabricationsprozeß, zu welchem ihre Kraft zureichend ist, angewendet werden kann.

Wir handeln daher in den folgenden Capiteln von der Handmühle, von dem Tretrade, von dem Pferdegöpel, von der Windmühle, von den Wasserrädern, von der Wassersäulenmaschine und von der Dampfmaschine.

Viertes Capitel.

Von der Bewegung der Maschinen durch Menschen- und Thierkräfte. *

Die Handmühle gehört zu den sehr alten Maschinen und wird jetzt kaum noch zum Mahlen des Korns angewendet. Wir begnügen uns daher, die Vorrichtung nur ganz kurz zu beschreiben, indem wir auf Fig. 1, Taf. V, verweisen. AB ist ein starkes hölzernes Gerüst; W ein Kammrad, dessen Wellzapfen in den Zapfenlagern PP liegen. Das Rad wird durch die Kurbel E bewegt und dessen Kammen greifen in den Drehling T; an dessen Spindel der obere Mühlstein oder der Läufer sitzt, den die Figur nicht zeigt, da beide Steine von dem Kasten C umschlossen sind. Das Korn wird in den Rumpf H geschüttet, aus welchem es zu den Steinen gelangt, und das gemahlene Schrot läuft durch D ab.

Man benutzt die Handmühlen zu verschiedenen häuslichen Zwecken, auch wenden sie die Krämer zum Mahlen des Kaffees, zum Pulverisiren des Zuckers und mehrer anderer Droguen an. Mehre andere, durch Menschenkräfte in Bewegung gesetzte Mühlen, welche dieselbe Wirkung wie die vorstehende haben, sollen im Verlauf des Werks bei den verschiedenen mechanischen und Fabrikationsprozessen beschrieben werden, und vorzüglich verweisen wir auf Rustals Handmühle zum Kornmahlen unter dem Artikel Kornmühle.

Das Tretrad (Tread-mill). — Der Nutzen dieser Maschine hängt weit mehr von dem Zweck ab, den man damit zu erreichen sucht, als von irgend einem wesentlichen Werth, den sie als eine mechanische Construction besitzt. Wir sahen schon im Capitel, daß es unmöglich sei, Menschenkräfte als Betriebskräfte für Maschinen mit Vortheil anzuwenden, und dieß gilt auch von dem Tretrade; allein man muß es aus einem höhern Gesichtspunkte betrachten, indem es ein Correctionsmittel für die Gefangenen in Zuchthäusern und Zwangsarbeitsanstalten ist, welche es für eine große Strafe ansehen, arbeiten zu müssen.

* Nach Barlow's Werk bearbeitet.

Die gewöhnliche Gestalt dieser Maschine ist die eines langen Rades von 8 bis 10 und selbst bis 20 oder noch mehr Fußen Länge, und gewöhnlich sind mehre derselben durch Kuppelung mit einander verbunden. Der gewöhnliche Durchmesser beträgt 5 Fuß. Auf der Peripherie sind 24 Leisten angebracht, von denen also jede 8 Zoll von der andern entfernt ist, und die breit genug sind, daß ein Fuß darauf stehen kann. Zuweilen sind die Zwischenräume zwischen den Leisten oder Tritten offen, so daß die Luft durchziehen kann, und zuweilen sind sie mit Brettern verschlossen. Jedes Rad hat an beiden Enden Zapfen, die auf Lagern ruhen, und zwischen zwei benachbarten ist, wie schon bemerkt, gewöhnlich eine Kuppelung angebracht. Die Anzahl der Personen, die an einem Rade arbeiten, hängt natürlich von dessen Länge ab. Bei einem langen verkuppelten Rade muß die Umdrehungsgeschwindigkeit natürlich überall dieselbe sein; allein mittelst größerer Relais in einer Klasse, als in der andern, kann der Grad der Arbeit modificirt werden, oder man giebt den Rädern, an denen Knaben und Weiber arbeiten, einen geringern Durchmesser, so daß sie bei jedem Schritt verhältnißmäßig weniger steigen. Gewöhnlich ist der Raum von der Mitte des Rades aufwärts, mit Brettern zugeschlagen, so daß der untere Theil offen bleibt und sich die Tritte den Gefangenen darbieten. Diese bleiben ungefähr eine halbe Stunde auf dem Rade und jeder wird einzeln abgelößt, und sie werden es nicht zusammen, wie es früher gewöhnlich geschah.

Die Construction der Maschine ist so einfach, daß eine Abbildung derselben kaum erforderlich ist; wir haben aber in Fig. 2, Taf. V, eine perspectivische Ansicht von einem solchen, aus drei Abtheilungen bestehenden Rade mitgetheilt. Es liegt 8 bis 10 Fuß über dem Niveau des Hofes von dem Gefangenhause, unter einem Schuppen. Diese Erhöhung ist zu empfehlen, damit die arbeitenden Gefangenen mehr Luft erhalten. Jedes Rad ist ungefähr 18 bis 20 Fuß lang und von dem benachbarten durch einen Zwischenraum von ungefähr 2 Fuß getrennt. An jedem Ende und zwischen je zwei Rädern ist eine kleine Treppe angebracht, auf der die Gefangenen zu dem Rade emporsteigen. An der Bretterwand über der obern Hälfte des Rades ist eine Stange angebracht, an welcher sich die Arbeiter mit den Händen halten.

Die Ordnung bei dem Arbeiten am Tretrade ist folgende: jedes Rad kann 10 bis 12 Gefangene aufnehmen und 15 bis 18 derselben machen einen Gang, indem 12 davon die Treppe an dem rechten Ende des Rades aufsteigen und sich nacheinander rechts bewegen, bis daß ein Jeder an seinem Platz ist; die übrigen 6 setzen sich vor dem Rade nieder. Das Tretrad wird nun durch das Gewicht der auf den Latten stehenden Menschen in Bewegung gesetzt, und mittelst eines Regulators wird seine Geschwindigkeit so eingerichtet, daß es ungefähr zwei Umdrehungen in der Minute macht. Nach sechs Umdrehungen, oder nach drei Minuten, steigt der Mann an dem linken Ende des Rades mittelst der an demselben befindlichen Treppe herab und von den übrigen bewegt sich Jeder einen Platz links, so daß rechts Platz für einen Mann bleibt, den sogleich einer von den Ruhenden einnimmt. Nach andern drei Minuten steigt dieser am linken Ende des Rades ebenfalls herab, die Leute bewegen sich jeder einen Mann links und

am rechten Ende steigt ein anderer Ruhender auf und so fort während der ganzen Zeit, daß das Rad in Bewegung ist.

Auf diese Weise ruhet jeder Mann achtzehn Minuten und arbeitet sechsunddreißig, oder wenn nur zehn Mann auf einem Rade sind, so arbeitet Jeder nur eine halbe und ruhet eine viertel Stunde. Wechselt man aber mit der Zahl der ruhenden oder arbeitenden Menschen, so kann das Verhältniß der Arbeits- und der Ruhezeit in jedem Verhältniß verändert werden. Während der ganzen Arbeitszeit findet das strengste Stillschweigen statt.

Die Bewegung der Räder wird durch Winkel- und Stirnräder bis dahin fortgepflanzt, wo die Kraft zum Betriebe von Kornmühlen, zum Pumpen, oder zu irgend einem andern Zweck benutzt werden soll. Es wird auch durch das Räderwerk der Regulator der Maschine in Bewegung gesetzt, mittelst dessen die Geschwindigkeit regulirt wird, indem er auf eine Bremse oder einen ähnlichen Apparat wirkt, der angezogen wird, wenn das Rad zu schnell umgeht, und losgelassen, wenn es sich zu langsam bewegt.

Die Construction der Treträder ist, wie schon bemerkt, sehr einfach. Sie bestehen aus einer langen eisernen Welle, auf welcher (je nach der Länge) drei oder vier gußeiserne Scheiben von ungefähr 3½ Fuß Durchmesser befestigt werden. An der Peripherie dieser Scheiben sind 24 Einschnitte von ungefähr acht Zoll Länge, zur Aufnahme der Latten oder Bretter, die als Tritte dienen, vorhanden. Durch Schrauben werden letztere mit den Scheiben verbunden.

Was nun die Wirksamkeit eines Tretrades als Betriebskraft betrifft, so sahen wir schon weiter oben, daß das Maximum der Arbeit eines Mannes darin besteht, sein eigenes Gewicht täglich ungefähr 12000 Fuß hoch zu heben. Nimmt man nun das Gewicht eines Mannes zu 150 Pfund an, so beträgt das Tagewerk 1,800,000 Pfund, 1 Fuß hoch, oder rechnet man acht Arbeitsstunden, 225,000 Pfund in der Stunde, oder 3750 Pfund in der Minute und dieß ist das Maximum der Leistung und die an dem Angriffspunkt angewendete Kraft. Eine Verminderung erleidet aber die Betriebskraft dadurch, daß sich die Gefangenen auf den Handgriff stützen und den Körper in die Höhe ziehen, wie es der Fall ist, wenn eine Person eine Treppe hinansteigt. Das Tretrad ist daher durchaus nicht geeignet, die ganze Kraft des Menschen anzuwenden.

Die Roßmühlen oder Pferdegöpel. — Wir sahen bereits im ersten Capitel des vorliegenden Werks, daß die Anwendung der Pferde als Betriebskraft für Maschinen im Vergleich zu dem Winde, Wasser und Dampf, sowohl in Beziehung auf die Kosten, als auf die Bequemlichkeit, sehr unvortheilhaft erscheint, wenn jene Kräfte angewendet werden können und wenn die zur Ausführung einer Arbeit erforderliche Anzahl von Pferden sehr bedeutend ist. Es kommen aber in dem Fabrikenwesen viele Prozesse vor, zu denen nur die Kraft von einem oder von zwei Pferden erforderlich ist, und dabei hat die Roßmühle vielleicht noch einen Vorzug vor der Dampfmaschine von geringer Kraft, besonders wenn die Arbeit nicht anhaltend zu sein braucht. Wir haben aber hier nicht die Prozesse zu beschreiben nöthig, welche durch die Kraft der Roßmühle ausgeführt werden, sondern wir brauchen nur die Art ihrer Wirkung und wie man dadurch eine rotirende Bewegung erlangt, zu

zeigen. Die hauptsächlichste Verschiedenheit in der Art und Weise, Bewegung durch eine Mühle dieser Art mitzutheilen, bestehet darin, daß bei einigen das große Kamm- oder Winkelrad, welches die erste Bewegung ertheilt, oben an der Welle, und bei andern, bei denen die Betriebskraft unter der Rennbahn der Pferde fortgepflanzt werden soll, dasselbe unten angebracht ist. Beide Fälle sind in den Figuren 3, 4, 5 und 6, Taf. V, dargestellt. Eine andere Art von Roßmühlen hat neuerlich der Fabrikant d'Heureuse in Berlin erfunden und eingeführt.* Sie gewähren den Vorzug, wenig Platz und wenig Anlagekosten zu bedürfen; allein sie sind nur dann gut anwendbar, wenn man eine oder zwei Pferdekräfte nöthig hat. Sie sind nach dem Prinzip der Treträder eingerichtet. Die Pferde sind hinten an einen Balken gespannt und stehen auf zwei Walzen oder Trommeln von 4 Fuß Durchmesser. Diese bestehen entweder aus Gußeisen oder aus Holz und haben eine geriffte Oberfläche. Das Pferd kommt mit den Hinterfüßen oben auf die Mitte der einen, und mit den Vorderfüßen eben so auf die zweite Trommel zu stehen und wird, wie

bemerkt, an die Pfosten des Gestelles gespannt. Sobald es sich nun ins Geschirr legt und zu ziehen beginnt, wird seine Zugkraft, da das Gestelle nicht nachgeben kann, auf die Trommeln, die seine Bahn bilden, wirksam, und es äußert sich diese an den angelegten Triebwerken eben so, als wenn man sie zum Fortbewegen einer Last angewendet haben würde. An jede Trommel ist ein Stirnrad befestigt, die ein drittes bewegen, welches dann die Triebkraft auf beliebige Weise fortpflanzt.

Zur Bewegung landwirthschaftlicher Maschinen durch Thierkräfte, wendet man auch oft die der Ochsen an, jedoch immer seltner als Pferde.

Durch die runde Rennbahn, auf der sich die Pferde bei den gewöhnlichen Roßmühlen oder Pferdegöpeln bewegen, wird ihre Zugkraft, gegen eine geradlinigte Bewegung etwas vermindert; allein es ist schwierig, den Belang dieser Verminderung zu bestimmen. Der Regel nach darf der Durchmesser der Rennbahn nicht geringer als 18 Fuß sein.

Fünftes Capitel.

Von den Windmühlen.**

Wind ist die wohlfeilste unter den bewegenden Kräften; auch ist seine Kraft gewissermaßen unbeschränkt; allein seine Wirkung ist so unregelmäßig und so unregulirbar, so daß er, außer zum Mahlen von Korn und zum Wasserpumpen, nur wenig benutzt werden kann.

Unter der Benennung **Windmühle** versteht man gewöhnlich eine Kornmühle. Wir handeln aber hier nur in Beziehung auf erste bewegende Kraft für Maschinen von derselben, und beschreiben daher nur diejenigen Theile, die zur Erreichung einer kreisförmigen Bewegung erforderlich sind, mag die Anwendung der Kraft zu irgend einem Zweck, zu welchem Regelmäßigkeit nicht wesentlich erforderlich ist, sein, welche sie wolle.

Die senkrechte Windmühle, welche die gewöhnlichste und einfachste Vorrichtung ist, um die Kraft des Windes zur Erreichung einer drehenden Bewegung anzuwenden, besteht aus einer Welle (der **Flügelwelle**), die in der Richtung des Windes liegt und gewöhnlich 10 oder 11° von der horizontalen Linie abweicht. Am Ende dieser Welle sind vier Arme (die **Windruthen**) rechtwinklig übers Kreuz und senkrecht auf den Windruthen sind Querhölzer oder Sprossen angebracht, die in einer gleichen Ebene liegen und mit andern, der Windruthe parallelen Stangen verbunden sind. Das durch diese verschiedenen Stangen gebildete Rechteck, wird mit starker Segelleinwand oder mit dünnen Brettern bekleidet und bildet die **Flügel** der Windmühle. Die Flächen der Flügel machen mit der Welle einen spitzigen Winkel, und zwar nimmt die Größe dieses Winkels von den äußern Enden der Windruthe bis an die Welle immer mehr zu und zwar so, daß jeder Flügel nach Art eines Schraubenganges gleichsam gewunden erscheint. Die Erfahrung hat diese Gestalt der Windmühlenflügel als die zweckmäßigste bewährt; ihre Ableitung aus der Theorie kann aber hier nicht vorgetragen werden. Die ganze Vorrichtung muß immer so stehen, daß die Richtung des Windstoßes mit der Welle parallel ist; und der Wind wirkt demnach schief auf die Flügel, welche durch ihr Ausweichen die beabsichtigte Kreisbewegung hervorbringen. An der Flügelwelle sitzt nämlich ein gewöhnliches Kamm- oder ein Winkelrad, welches in einen Drehling oder in ein anderes Winkelrad an einer senkrechten Welle greift, und auf diese Weise wird die Kraft auf die zu betreibende Maschine fortgepflanzt.

Da sich die Richtung des Windes fortwährend verändert, so ist irgend eine Vorrichtung nöthig, wodurch es möglich wird, Flügelwelle und Flügel stets in die erforderliche Richtung zu bringen, wozu man auf zweierlei verschiedene Weise gelangt. Bei den ältern Mühlen (Fig. 1, Taf. VI), den sogenannten **Bockwindmühlen** (post-mill), steht das ganze, die Maschinerie enthaltende Gebäude auf einem Gerüst, dem **Bock**, mit einer stehenden Welle, um die es mittelst eines Hebels bewegt werden kann. Bei den neuern Windmühlen dagegen, bei den sogenannten **holländischen** (Fig. 2), liegt die Flügelwelle

---

* Anleitung zum Bau der Roßmühlen mit Stufenwalzen. Berlin 1834.

** Dieses Capitel ist nach Barlow's Werk bearbeitet.

in einer Kuppel oder in dem Dache des Gebäudes, welches die Maschinerie enthält, und es ist dasselbe auf Rollen beweglich, so daß mit ihm die Flügel dahin gedrehet werden können, woher der Wind kommt. Das Drehen des Daches geschieht entweder mittelst der Hand durch einen langen Hebel, oder durch eine selbstthätige Vorrichtung, bestehend aus Flügeln am Ende eines langen horizontalen Arms, der in derselben senkrechten Ebene mit der Flügelwelle liegt.

Bockwindmühlen sind nothwendig in ihrer Größe beschränkt, da bei jeder Veränderung des Windes das ganze Gebäude gedrehet werden muß. Fig. 1 ist ein Durchschnitt, welcher das Innere einer solchen Mühle zeigt. Das Mühlenhaus hat eine rechteckige Form und dem Winde steht eine schmale Seite entgegen. AB ist die Flügelwelle, deren eines Ende ein Zapfenlager auf dem Balken C von dem Gerüst der Mühle hat und deren anderes Ende von dem Balken D getragen wird. Der außerhalb der Mühle liegende Theil der Welle ist stärker, quadratisch im Querschnitt und hat zwei quadratische Löcher, durch welche die Windruthen gehen und bei aa verkeilt sind. Auf der Welle sitzt das Kammrad (brake-wheel) E; um die obere Hälfte seiner Peripherie geht eine Bremse von Holz (brake) bb, deren eines Ende befestigt, deren anderes aber mittelst einer eisernen Stange mit dem Hebel cd verbunden ist, so daß durch ein Niederziehen des Endes von dem Hebel, die Bremse auf die Peripherie des Rades drückt und dadurch zu jeder Zeit der Gang der Mühle aufgehalten werden kann. Das Kammrad soll in einen Drehling greifen, der auf der Abbildung nicht dargestellt ist.

Der untere Theil der Mühle nimmt den Bock P auf, um welchen die Windmühle gedreht wird. Er besteht aus einem starken Baume, der dadurch senkrecht gehalten wird, daß man ihn in der Mitte zweier langen Balken einläßt, die ein großes Kreuz auf dem Boden und die Basis der ganzen Mühle bilden. Vier schräg stehende Streben, FFFF, welche von dem Grundkreuz bis zur Mitte der Spindel gehen, sichern die senkrechte Stellung derselben. Die obern zehn oder zwölf Fuß sind rund bearbeitet, und gehen durch die Mitte der untern Abtheilung des Mühlengebäudes, indem am Boden derselben eine ringförmige Oeffnung die Spindel genau umfaßt. Oben hat diese einen Zapfen, der in eine Pfanne tritt, welche in der Mitte des Bodens der obern Abtheilung des Mühlengebäudes an einem starken Balken G befestigt worden ist. Dieser Balken muß nothwendig sehr stark sein, da er das ganze Gewicht der Mühle zu tragen hat. Auf diese Weise dreht sie sich frei auf dem Zapfen, während der Hals am Boden sie in der senkrechten Richtung erhält. L ist eine Treppe, um zu der Mühle aufsteigen zu können; sie ist durch Hespen und Haken mit der Hinterseite der Mühle verbunden, und an ihrem untern Ende ist ein Seil, M, befestigt und geht in schräger Richtung über Rollen in die Mühle, so daß die Treppe nach Belieben gehoben werden kann. Die gehobene Treppe dient als Hebel zum Drehen der Mühle, welches entweder durch Menschen, oder durch eine Erdwinde bewerkstelligt wird. Die Winde ist beweglich und kann nach Belieben auf einer, von den in dem Boden befestigten, stehenden Wellen angebracht werden; ihr Seil wird deshalb an das untere Ende der Treppe gehängt. Wenn nun die Mühle auf diese Weise die verlangte Richtung erhalten hat, so wird die Treppe

auf den Boden nieder gelassen, und an der entgegengesetzten Seite von den Flügeln vorhanden, dient sie nicht allein dazu, um auf ihr empor zu steigen und die Mühle fest in ihrer Richtung zu erhalten, sondern sie wirkt auch als Strebepfeiler gegen das Bestreben des Windes, die Mühle umzuwerfen, welches sich bei den Windmühlen dieser Art zuweilen ereignet. Die Bockwindmühlen sind nicht allein in ihrer Größe, sondern auch in ihrer Anwendung zum Betriebe von Maschinerien beschränkt. Gewöhnlich werden sie als Kornmühlen benutzt und nur in Holland wendet man sie auch zuweilen zu anderen Zwecken an. Der Bock, auf welchem sich die Mühle dreht, ist alsdann nach sehr großen Dimensionen gemacht und ist in der Mitte hohl, so daß eine senkrechte Welle hindurchgehen kann, welche die Betriebskraft in ein unter der Mühle befindliches Gebäude leitet. Auf diese Weise kann eine Bockwindmühle zum Betriebe einer Sägemühle, einer Papiermühle, oder zu irgend einem andern Zweck angewendet werden. Jedoch ist die Construction zusammengesetzter und minder zweckmäßig, als die einer Windmühle mit beweglichem Dach, welche wir nun beschreiben wollen.*

Die Windmühlen mit beweglichem Dach, sogenannte holländische (tower or smock-mill), haben eine weit zweckmäßigere Construction, als die Bockwindmühlen, und ihre Größe ist blos durch die Schwierigkeiten beschränkt, welche mit der Construction sehr großer Flügel verbunden sind. Die Kraft der Windmühlen ist übrigens nach der Geschwindigkeit des Windes so verschieden, daß es schwer hält, sie zu bestimmen; jedoch nimmt man im Durchschnitt an, daß die größern Mühlen dieser Art eine Betriebskraft von sechs bis acht Pferden haben. Fig. 2 ist eine Darstellung des obern Theils von einer Mühle mit beweglichem Dache. A A sind die Wände vor dem feststehenden Theil des Mühlengebäudes, welche entweder aus Ziegeln oder Bruchsteinen, oder aus Zimmerwerk bestehen. C C ist eine hölzerne, fest mit dem obern Theil der Wand verbundene Curve, auf welcher sich die Rollen des Daches oder der Kuppel bewegen. Bei Ziegelsteinmauern ist die Befestigung der gekrümmten Hölzer eine gar nicht leichte Sache, da ihre feste Lage etwas sehr Wesentliches ist; denn die Curve muß vollkommen fest und sicher liegen und darf durch die stete Erschütterung der Maschinerie durchaus nicht lose werden. Sie wird entweder auf Hölzern, die in die Ziegelmauern eingelassen sind, oder mit langen eisernen Bolzen befestigt, die weit in die Mauer hineinreichen. B B B ist das Dach oder die Haube der Mühle, welche aus Holz besteht, das sehr fest mit einander verbunden ist, unten mit einem Kranz, der sich auf dem erwähnten, auf der Wand liegenden, bewegt. S S ist die Flügelwelle, welche hier aus Gußeisen besteht, welches Material jetzt fast immer dazu angewendet wird. An dem außerhalb der Mühle liegenden Ende der Welle sind zwei Löcher vorhanden, in denen die beiden Windruthen weit sicherer, als in einer hölzernen Welle befestigt werden können. Die Welle ruht am hintern Ende mittelst eines Zapfens und am vordern mittelst eines Halses in Zapfenlagern, die mit dem Gerüst

* Besonders zu empfehlen ist: Hoffmann's Sammlung der gebräuchlichsten Maschinen. 1. Heft: Die Bockwindmühle rc. 2te Auflage. Berlin 1833.

des Daches verbunden sind. Die Pfannen dieser Zapfenlager bestehen gewöhnlich aus Messing, in England wendet man aber auch dazu wohl eine eigene Steinart, 'Nottinghamshire block genannt, an, indem dieses Material am zweckmäßigsten dazu ist, da es nicht allein die Friction sehr vermindert, sondern auch sehr dauerhaft ist. Letzteres ist um so wichtiger, da die Auswechselung der Pfannen mit großen Schwierigkeiten verbunden ist. Das Triebrad D D ist ein Winkelrad, welches gewöhnlich mit zwei Reihen von Zähnen versehen ist, die wechselsweise in die ähnlichen des kleinern Winkelrades N greifen und eine regelmäßigere Bewegung hervorbringen, als es bei den gewöhnlichen Winkelrädern der Fall ist. Wir redeten von dieser Art der Verzahnung der Räder schon weiter oben. Uebrigens versteht es sich ganz von selbst, daß beide Räder aus Gußeisen bestehen. Zuweilen sind hölzerne Räder mit der eisernen Welle verbunden, indem an diese Arme gegossen sind, an welche jene geschroben werden.

Die hier gebrauchte Bremse ist von der bei den Bockwindmühlen angewendeten nicht viel verschieden. Sie besteht aus einem hölzernen Krümmling, der fast um die ganze Peripherie des Rades geht, dessen eines Ende an irgend einem Punkt des Gerüstes befestigt, und das andere mit dem Hebel b b, Fig. 3, verbunden ist. Mittelst eines Seils, das über eine Rolle nach außerhalb der Mühle geht, kann man unten den Hebel und mit ihm die Bremse heben. Ist daher das Seil unten festgehängt, der Hebel und die Bremse gehoben, so bewegt sich das Rad ganz frei. Muß dagegen der Gang der Mühle gehemmt werden, so hakt man das Ende des Seils los, und der Hebel fällt alsdann durch seine eigene Schwere nieder, zieht die Bremse nach sich, und diese übt einen solchen Druck auf die Peripherie des großen Winkelrades aus, daß die Mühle selbst beim stärksten Winde zum Stillstande gebracht werden kann.

Auf die Construction der Bremse muß eine besondere Sorgfalt verwendet werden, denn wenn sie unwirksam bleibt, oder bricht, so können daraus die nachtheiligsten Folgen entstehen. Muß eine Windmühle während eines Sturmes betrieben werden, so kann sie eine solche Geschwindigkeit erlangen, daß sie nicht allein Brüche veranlaßt, sondern auch die Mühle entzündet. Unter diesen Umständen ist die Bremse das einzige Mittel, den schnellen Gang zu vermindern. Wir können ein Beispiel anführen, wie während eines Sturmes die Bremse einer Windmühle unbrauchbar wurde, und die Mühle eine solche Geschwindigkeit erlangte, daß der Läufer durch die ungeheure Centrifugalkraft in Stücken flog, von denen eines dem daneben stehenden Müller beide Beine wegriß und dann durch die Mauer flog.

RR, Fig 2, ist ein Ring mit Walzen, welche das ganze Gewicht des Daches tragen, und mittelst denen es auf der Curve oder dem Kranz c c mit großer Leichtigkeit nach jeder Richtung gedreht werden kann. Die Walzen a a a a, welche wir in Fig. 4 in einem Grundrisse des Daches sehen, haben den Zweck, es auf seinem Platze zu erhalten. Sie sind mit der obern Curve, oder mit dem obern Kranz verbunden, und bewegen sich gegen die innere Oberfläche des untern, die sehr glatt und eben ist. Der Kranz, an welchem diese Walzen befestigt sind, muß sehr fest mit dem obern verbunden seyn, da er der ganzen Kraft

des Windes zu widerstehen hat, welcher das Dach abzureißen sich bestrebt, ein Fall, der wiederholt vorgekommen ist. Von einigen Mühlenbauern werden gar keine Walzen oder Rollen angewendet, sondern die Kränze gleiten auf einander. Mag auch eine solche Einrichtung des Daches weniger in Unordnung kommen, so hat sie doch bei weitem mehr Friction, und kann nicht bei selbstthätigen Dächern angewendet werden, indem alsdann die dazu erforderliche Vorrichtung nicht Kraft genug haben würde, das Dach unter solchen Umständen zu drehen.

Man hat verschiedene Vorrichtungen angewendet, um das Dach nach der erforderlichen Richtung zu drehen. In allen Fällen ist der festliegende Kranz mit Zähnen versehen, die auf seiner Peripherie ein festliegendes Kammrad bilden, und in welche eine Schraube ohne Ende, oder ein Getriebe greift, das mit dem Dache verbunden ist. Die Art und Weise, wie Menschenkraft auf die Bewegung des Getriebes angewendet wird, ist in Fig. 3 gezeigt; ein Seil ohne Ende geht über eine Scheibe a bis zu dem Boden, auf welchem die Mühle steht, und an seiner Welle sitzt ein Zahnrad b, welches in ein zweites Zahnrad c greift, an dessen Welle das Getriebe sitzt, welches auf die Kämme des festliegenden Kranzes wirkt. Auf diese Weise kann ein unten, neben der Mühle stehender Mann das Dach mit großer Leichtigkeit nach jeder Richtung drehen.

Die in Fig. 2 dargestellte Windmühle hat ein selbstthätiges Dach, welches durch die Einwirkung des Windes auf einen Windfang oder auf Flügel so gedreht wird, daß die Windmühlenflügel stets die gehörige Richtung gegen den Wind haben. Kleine Flügel oder Windfänge M sind auf einem vorspringenden Gerüst LL, an dem hintern Theil des Daches angebracht. An der Welle dieser Flügel sitzt ein kleines Winkelrad, welches in ein größeres b greift, das an der geneigten Welle c sitzt, an deren anderm wiederum ein kleineres Winkelrad angebracht ist. Dieses greift in ein größeres Winkelrad e, an der senkrechten Welle des Getriebes f (s. auch Fig. 4), welches letztere seinerseits in die Zähne an der Peripherie des festliegenden Kranzes greift. Werden nun die Flügel M bewegt, so dreht sich auch das Dach der Mühle langsam herum, und zwar mit einer Kraft, die von dem Verhältniß der Radien, oder der Anzahl der Zähne der obigen Räder und Getriebe abhängt. Untersucht man die Art und Weise, wie die Flügel M construirt sind, so sieht man leicht ein, daß sie sich nicht bewegen können, wenn ihre Ebene in der Richtung des Windes liegt, daß aber, wenn der Wind im Geringsten von der Richtung der Flügelwelle abweicht, er in schiefer Richtung auf die kleinen Flügel wirkt und sie, mag er herkommen, woher er will, so dreht, daß das Dach wiederum in die Richtung des Windes gebracht wird.

Diese sinnreiche Vorrichtung, die keine ganz neue Erfindung, sondern schon mannigfach angewendet worden ist, wird von manchen Mühlenbauern für unzweckmäßig gehalten, indem ihre Wirkungsart zu langsam ist. Bei plötzlichen Stürmen, wo es nämlich gefährlich ist, die Bremse zu gebrauchen, weil durch die starke Reibung derselben eine Entzündung veranlaßt werden kann, ist es nothwendig, die Flügel schnell aus der Richtung des Windes zu bringen, wogegen die selbstthätige Vorrichtung das Bestreben hat, sie stets in derselben zu erhalten. In diesem Fall ist also

das selbstthätige Dach unzweckmäßig und gefährlich; allein da solche Fälle selten sind, so können sie nicht als ein wirklicher Einwurf gegen die Vorrichtung gelten, die in andern Beziehungen viele Vortheile hat.

Construction der Flügel. — Die Construction der Windmühlenflügel und die Befestigung derselben in der Flügelwelle sind sehr wichtige Operationen der Mühlenbaukunst, von denen im Wesentlichen die Kraft und die gute Wirkung der Mühle abhängen. Die gußeisernen Wellen, welche jetzt wegen der großen Vorzüge, die sie vor den hölzernen besitzen, allgemein angewendet werden, haben zwei rechteckige Löcher in ihrem Ende, welche die Windruthen aufnehmen. Zwei Stücke Holz, b b, Fig. 5, von beträchtlicher Länge, die sogenannten Hörner (horns), werden hinter denseben angebracht und mit den Windruthen durch Schraubenbolzen und Muttern verbunden. Diese Hörner haben nicht allein den Zweck, die Windruthen steif und fest in den Löchern der Welle zu halten, sondern sie wesentlich zu verstärken, und als eine weitere Sicherheit sind noch Klammern um das vorspringende Ende der Welle gelegt und mit den Windruthen verbunden. Zuweilen sind auch Arme an die Welle gegossen, um die Windruthen besser in den Zapfenlöchern zu erhalten; jedoch ist diese Methode weder so sicher noch so häufig angewendet, als die vorhergehende.

Beziehen wir uns auf Fig. 6, so ist DEFG ein Durchschnitt von der Welle, senkrecht auf der Axe C. HH, AB sind die rechtwinklig zu einander stehenden Windruthen; sie sind ungefähr 10 Zoll im Quadrat stark oder 10 Zoll dick und 8 Zoll breit und 40 Fuß lang. Gewöhnlich bestehen sie aus einem Stück, zuweilen aber auch zweien, welche übereinander geplattet und mit Verstärkungsstücken verbunden sind, von denen die Klammern zu der Welle gehen.

In der Entfernung CL, die gleich einem Siebentel der Länge von der Windruthe ist, hat man die erste Sprosse LM angebracht. Sie ist in der senkrechten Projection des Flügels, Fig. 7, mittelst der punktirten Linie oo' dargestellt, die einen Winkel von 60° mit der Axe der Flügelwelle macht; und auf derselben Figur bezeichnet die punktirte Linie oP die Projection der letzten oder untersten Sprosse NB', Fig. 6, welche mit derselben Axe einen Winkel von 80° macht. Der Raum LM ist in eine gleiche Anzahl von Theilen getheilt, an welche Punkte die übrigen Sprossen oder Querhölzer angebracht werden, deren gewöhnlich zwanzig vorhanden sind. Diese Sprossen stecken auf der einen Seite in Löchern in der Windruthe und auf der andern Seite sind sie in die Stange MB' eingelassen. Jede Sprosse macht einen verschiedenen Winkel mit der Axe, und da die Differenz der Winkel der beiden äußersten Sprossen 20° beträgt und zwanzig Stangen vorhanden sind, so beträgt die Winkeldifferenz einer jeden folgenden Sprosse 1°.

Gewöhnlich haben alle Sprossen eine gleiche Länge, d. h. von ungefähr 5 Fuß; allein bei einigen Mühlen springt die äußerste ungefähr ihre halbe Länge auf der andern Seite der Windruthe vor, und die Länge der übrigen vermindert sich nach und nach bis zu der ersten, die gar nicht hervorstehen darf. Man nennt solche Einrichtung erweiterte Flügel (enlarged sails). Bei andern Windmühlen werden die äußersten Sprossen kürzer gemacht, als Nachahmung der Flügel der Vögel, jedoch wird eine solche Einrichtung nicht für zweckmäßig gehalten. Die rechteckigen Flügel werden holländische genannt und sind als die zweckmäßigsten am meisten im Gebrauch.

Die Länge der holländischen Flügel beträgt vom Mittelpunkte der Axe bis zu dem Ende ungefähr 33 Fuß, die Breite etwas mehr als 6 Fuß. Fünf Fuß davon sind mit Segelleinwand und der bleibende eine Fuß ist mit dünnen Brettern bekleidet. Die Segelleinwand fängt erst 6 Fuß von dem Mittelpunkte an und ist nur 27 Fuß lang. Die Verbindungslinie der Bretter und der Leinwand bildet auf der, dem Winde entgegengesetzten Seite und am Anfang des Flügels, eine merklich concave Curve, allein diese Krümmung vermindert sich und hört am Ende des Flügels ganz auf. Die Winkel, welche die Tangenten dieser Curven mit der Ebene ihrer Bewegung bilden, nennt man den Wetterwinkel (angle of weather). Bei der ersten Sprosse beträgt derselbe 30° und vermindert sich in einigen Fällen bis zu 12° und in andern bis zu 6°, indem sie innerhalb dieser Grenzen schwanken, so wie die Neigung der Flügelwellen von 8 bis 15° varürt.

Bis jetzt haben wir nur Windmühlen mit vier Flügeln betrachtet; es giebt deren aber auch, welche fünf und mehre haben, obwohl solche Beispiele stets zu den Seltenheiten gehören und eine specielle Beschreibung daher nicht nöthig ist.

Beste Form und Stellung der Windflügel. — Dieß ist ein Gegenstand, der die Aufmerksamkeit mehrer Mechaniker auf sich gezogen hat, unter andern die des Engländers Smeaton, dessen Versuche „On the Construction and Effects of Windmill-sails“, in folgendem Werke vorhanden sind: Experimental Enquiry concerning the Natural Powers of Wind and Water etc. 3. edit. London 1813, woraus wir das Folgende entlehnen.*

Smeaton bemerkt, daß, um genaue Versuche mit Windflügeln anzustellen, der natürliche Wind hierzu zu unsicher sei, weshalb er folgenden Apparat anwendete: Eine senkrechte Spindel bewegt sich frei in einem Gerüst und oben hat sie einen langen horizontalen Arm, an dessen Ende vier kleine bewegliche Flügel angebracht worden sind. Die senkrechte Spindel kann durch eine Schnur in Bewegung gesetzt werden, die um dieselbe gewickelt ist und an deren Ende ein Gewicht hängt. Dadurch wird nun die Flügelaxe in einem Kreise von dem Halbmesser des horizontalen Arms herumgeführt, so daß die dabei an die Luft anstoßenden Flügel gezwungen sind, sich zugleich um ihre eigene Axe zu drehen. Um diese Axe ist eine andere Schnur gewickelt, die über mehre Rollen geht und an deren anderm Ende eine Wagschale hängt, in welche Gewichte gelegt werden, um die Kraft der Flügel zu prüfen. In der folgenden Tabelle sind die Resultate von neunzehn Versuchen über Windmühlenflügel mitgetheilt, die sowohl der Größe als Construction und Lage nach verschieden waren.

Es wurden mehre Versuche mit solchen Windflügeln angestellt, um die größte Wirkung darzuthun, d. h. das größte Product des Gewichts in die Anzahl der Umdrehungen der Flügel. In der Tabelle I, Columne 4, ist die

* Wer sich specieller mit dem Gegenstande beschäftigen will, den verweisen wir auch auf des Prof. Burg zu Wien vortreffliche „Abhandlung über die Windmühlen“ in den Jahrb. des polyt. Instituts, Bd. 8, S. 85 x.

Anzahl der Umdrehungen der unbelasteten Flügel angegeben; in der 5. Columne die Zahl, welche das Maximum hervorbrachte; in der 6. Columne das höchste Gewicht und in der 8. Columne das größte Product des Gewichts, multiplicirt mit der Anzahl der Umdrehungen. Die übrigen Columnen sind hinlänglich durch ihre Ueberschriften erklärt und bedürfen keiner weitern Erläuterung.

Die dem Mittelpunkte der Flügel in der Peripherie ihres Kreises ertheilte Geschwindigkeit betrug 6 Fuß in der Secunde.

Bei den folgenden Resultaten ist die Friction der Rollen und die Steifheit der Seile ganz genau berücksichtigt.

Tabelle I. — Versuche über Windmühlflügel von verschiedener Construction, Lage u. s. w.

Gattung der gebrauchten Segel oder Flügel.	Nro.	Winkel an dem äußern Ende.	Größter Winkel.	Umdrehungen der unbelasteten Flügel.	Umdrehungen derselben bei ihrer größten Belastung.	Belastung für ein Maximum.	Größte Belastung.	Product.	Größe der Fläche.	Verhältniß der größten Geschwindigkeit zur Geschwindigkeit des Maximums.	Verhältniß der größten Belastung zu der, welche einem Maximum entspricht.	Verhältniß der Fläche zum Product.
		°	°			Pfund	Pfund		□F.			
Ganze Segel unter einem Winkel von 55°.	1	35	35	66	42	7,56	12,59	318	404	10 : 7	10 : 6	10 : 7,9
Ganze Segel nach der gewöhnlichen Methode gestellt (weather'd).	2	12	12		70	6,3	7,56	441	404		10 : 8,3	10 : 10,1
	3	15	15	105	69	6,72	8,12	464	404	10 : 6,6	10 : 8,3	10 : 10,15
	4	18	18	96	66	7	9,81	462	404	10 : 7	10 : 7,1	10 : 10,15
Nach der Maclaurin'schen Theorie gestellt.	5	9	26½		66	7		462	404			10 : 11,4
	6	12	29½		70½	7,35		518	404			10 : 12,8
	7	15	32½		63½	8,3		527	404			10 : 13
Flügel nach holländischer Art gestellt, und unter verschiedenen Lagen versucht.	8	0	15	120	93	4,75	5,31	442	404	10 : 7,7	10 : 8,9	10 : 11
	9	3	18	120	79	7	8,12	553	404	10 : 6,6	10 : 8,6	10 : 13,7
	10	5	20		78	7,5	8,12	585	404		10 : 9,2	10 : 14,5
	11	7½	22½	113	77	8,3	9,81	639	404	10 : 6,8	10 : 8,5	10 : 15,8
	12	10	25	108	73	8,69	10,37	634	404	10 : 6,8	10 : 8,4	10 : 15,7
	13	12	27	100	66	8,41	10,94	580	404	10 : 6,6	10 : 7,7	10 : 14,4
Flügel nach holländischer Methode gestellt, die aber an ihren Enden breiter waren.	14	7½	22½	123	75	10,65	12,59	799	505	10 : 6,1	10 : 8,5	10 : 15,8
	15	10	25	117	74	11,08	13,69	820	505	10 : 6,3	10 : 8,1	10 : 16,2
	16	12	27	114	66	12,09	14,23	799	505	10 : 5,8	10 : 8,4	10 : 15,8
	17	15	30	96	63	12,09	14,78	762	505	10 : 6,6	10 : 8/2	10 : 15,1
8 Flügel in Gestalt elliptischer Sektoren, in ihrer besten Lage.	18	12	22	105	64½	16,42	27,87	1059	854	10 : 6,1	10 : 5,9	10 : 12,4
	19	12	22	99	64½	18,06		1165	1146	10 : 5,9		10 : 10,1
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.

Ueber die Resultate dieser Versuche macht Smeaton folgende Bemerkungen:

1. Flügel, die mit der Axe einen Winkel von 55° machen, welche von Parent und Andern am vortheilhaftesten anerkannt wurden, hatten die geringste Wirkung von allen, mit denen Versuche angestellt wurden.

2. Wurde jener Winkel von 55° auf 72° bis 75° vergrößert, so vergrößerte sich die Kraft oder das Product in dem Verhältniß von 31 zu 45.

3. Wenn weiter nichts erforderlich ist, als daß die Flügel einen gewissen Geschwindigkeitsgrad von dem Winde annehmen, so würde die von Parent empfohlene Stellung die beste sein; sollen aber die Flügel mit gegebenen Dimensionen den größtmöglichen Effect in einer gewissen Zeit leisten, so müssen wir uns auf eine Stellung von 72 bis 75° beschränken.

4. Eine Veränderung von einem oder von zwei Graden, wenn die Stellung der Flügel fast die beste ist, hat nur geringe Folgen, und wirkt der Wind auf eine concave Fläche, so kann die Kraft des ganzen Flügels dadurch vergrößert werden, wenn gleich die einzelnen Theile ihre vortheilhafteste Lage nicht haben.

5. Smeaton fand aus vielen im Großen angestellten Versuchen, daß man die bestmöglichsten Resultate für den Effect aus nachstehenden Neigungswinkeln erhält. Die Flügelruthe ist vom Mittelpunkte bis zum äußern Ende des Flügels in 6 Theile getheilt, von denen das erste vom

Mittelpunkte gezählte mit 1, und jenes, welches dem äußern Ende des Flügels entspricht, mit 6 bezeichnet ist.

Nummer	Winkel mit der Axe.	Winkel mit der Bewegungsebene.
1	72°	18°
2	71	19
3	72	18 Mitte des Flügels.
4	74	16
5	77½	12½
6	83	7 äußeres Ende.

Er bemerkt ferner, daß ein breiterer Flügel einen größern Neigungswinkel erhalten müsse, und daß es vortheilhafter sei, den Flügeln an den äußern Enden eine größere Breite zu geben, als sie der ganzen Länge nach gleich breit zu nehmen. Die Länge der äußersten Sprosse beträgt $^1/_3$ der Flügel- oder Ruthenlänge, und diese wird von der Ruthe im Verhältniß von 3 : 5 getheilt. Das angefügte Dreieck ist vom untern Ende bis auf $^1/_3$ der Länge mit dünnen Brettern, das Uebrige, wie gewöhnlich, mit Segeltuch überdeckt.

Mehre Mechaniker sind der Meinung gewesen, daß der Vortheil für die Wirkung um so größer sei, je mehr Fläche die Flügel oder Segel dem Winde darbieten; sie

haben daher vorgeschlagen, die ganze Fläche auszufüllen und zwar so, daß, wenn nach dem Vorschlage von Parent jeder Flügel einen elliptischen Sektor bildet, der auf die Flügel wirkende Wind- oder Luftcylinder gänzlich aufgefangen und dadurch fähig gemacht werde, den größten Effect hervorzubringen.

Es folgt ferner aus den Versuchen, daß über eine gewisse Gränze hinaus, durch Vergrößerung der Fläche, der darauf bezogene Effect vermindert wird. In dem Falle, in welchem der Windcylinder von den Flügeln gänzlich aufgefangen wird, geht daraus der größte Effect nicht hervor, weil die hinlängliche Oeffnung fehlt, durch welche der Wind entweichen muß, sobald er seine Wirkung geäußert hat.

Herr Smeaton bemerkt noch, daß die bei großen Windmühlen am meisten übliche Größe und Form der Flügel, der Erfahrung zu Folge, jene sei, wie sie in den Versuchen von Nr. 9 und 10 angewendet wurde.

Die folgende Tabelle II enthält die Resultate jener Versuche, die in der Absicht gemacht wurden, um die Wirkungen der Windflügel für verschiedene Geschwindigkeiten des Windes zu erhalten. Die Flügel hatten dieselbe Form und Stellung wie in Nro. 10, 11 und 12 der vorigen Tabelle I; jeder Versuch dauerte eine Minute.

Tabelle II. — Versuche, um die Differenz der Wirkung mit verschiedener Geschwindigkeit des Windes zu bestimmen.

Nro.	Winkel an dem äußern Ende.	Geschwindigkeit des Windes in einer Secunde.		Umdrehungen der unbelasteten Flügel.	Umdrehungen der Flügel für das Maximum.	Belastung für das Maximum.	Größte Belastung.	Product.	Größte Belastung für die halbe Geschwindigkeit.	Umdrehungen der Flügel.	Product der geringeren Belastung in die größere Geschwindigkeit.	Verhältniß der zwei Producte.	Verhältniß der größten Geschwindigkeit zu jener für das Maximum.	Verhältniß der größten Belastung zu der dem Maximum entsprechenden.
		Fuß.	Zoll.			Pfund.	Pfund.							
1	5°	4	4½	96	66	4,47	5,37	295	—	—	—	— —	10 : 6,9	10 : 8,3
2	5	8	9	207	122	16,42	18,06	2003	4,47	180	805	10 : 27,3	10 : 5,9	10 : 9,1
3	7½	4	4½	—	65	4,62	—	300	—	—	—	— —	— —	— —
4	7½	8	9	—	130	17,52	—	2278	4,62	180	832	10 : 27,8	— —	— —
5	10	4	4½	91	61	5,03	5,87	307	—	—	—	— —	10 : 6,7	10 : 8,5
6	10	8	9	178	110	18,61	21,34	2047	5,03	158	795	10 : 26	10 : 6,2	10 : 8,7
1.	2.	3.		4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.

Die Resultate dieser Versuche Smeaton's sind sehr ausgedehnt; jedoch führen wir hier nur die Gesetze oder Regeln auf, welche aus den Untersuchungen folgen.

Erste Regel. Die Geschwindigkeit der Windflügel, diese mögen unbelastet, oder bis zum Maximum des Effectes belastet sein, ist der Geschwindigkeit des Windes proportional; vorausgesetzt, daß Form und Neigung der Flügel ungeändert bleibt.

2. Die dem größten Effecte entsprechende Belastung ist etwas weniger, als dem Quadrate der Geschwindigkeit des Windes proportional, wenn wieder Form und Stellung der Flügel dieselbe bleibt.

3. Die dem Maximum entsprechenden Wirkungen derselben Flügel sind etwas weniger, als den dritten Potenzen der Geschwindigkeit des Windes proportional.

4. Die dem größten Effect entsprechende Belastung ist dem Quadrate, und die Wirkung der Flügel dem Kubus der einer bestimmten Zeit zukommenden Umlaufszahl derselben proportionirt.

5. Sind die Flügel so belastet, daß sie bei einer gegebenen Geschwindigkeit des Windes den größten Effect hervorbringen, und nimmt für dieselbe Belastung die Geschwindigkeit des Windes zu; so ist erstens, wenn die Zunahme der Geschwindigkeit nur gering ist, die Effectzunahme nahe

dem Quadrat dieser Geschwindigkeiten proportional; zweitens verhalten sich, wenn die Geschwindigkeit des Windes doppelt wird, diese Wirkungen nahe wie 10 : 27½. Betragen aber drittens die mit einander verglichenen Geschwindigkeiten mehr als das Doppelte von jener, bei welcher der größte Effect hervorgebracht wird, so wachsen die Wirkungen ungefähr wie die einfachen Geschwindigkeiten des Windes.

6. Für, der Form und Lage nach ähnliche Flügel ist die einer gegebenen Zeit entsprechende Umlaufszahl derselben ihrer Länge proportional.

7. Die dem größten Effect entsprechende Belastung, welche der Form und Lage nach ähnliche Flügel in einer gewissen Entfernung von ihrem Mittelpunkte oder ihrer Umdrehungsaxe überwinden können, ist dem Kubus ihres Halbmessers proportional.

8. Die Wirkung von Windflügeln, die der Gestalt und Stellung nach ähnlich sind, ist dem Quadrate des Flügelhalbmessers proportional. Es folgt daraus, daß, wenn man die Länge eines Flügels vergrößert, ohne zugleich auch seine Fläche oder die Quantität des Segeltuchs zu vergrößern, dadurch die Kraft nicht vermehrt wird, weil das durch die Länge Gewonnene, durch die langsamere Umdrehung wieder verloren geht. Vergrößert man aber bei ungeänderter Breite der Flügel ihre Länge, so wächst der Effect wie diese Länge.

9. Die Geschwindigkeit des äußersten Endes, sowohl der holländischen, als der breiter auslaufenden Flügel, diese mögen nicht, oder bis zum Maximum des Effectes belastet sein, ist beträchtlich größer, als die des Windes.

10. Die breiter werdenden Windflügel sind vortheilhafter, als die gewöhnlichen holländischen, welches vollkommen mit den praktischen Erfahrungen übereinstimmt, die Herr Smeaton zu machen Gelegenheit hatte.

Wir lassen nun noch eine Tabelle folgen, die Herrn Smeaton von seinem Freunde Rouse mitgetheilt wurde, und die nach einer großen Anzahl von Versuchen mit großer Sorgfalt aufgestellt ist. Nur darf den Versuchen, bei denen die Geschwindigkeit des Windes mehr als 50 Meilen in einer Stunde betragen, nicht dasselbe Zutrauen geschenkt werden, wie denen bei geringerer Geschwindigkeit.

Tabelle III, welche die Geschwindigkeit und Stärke des Windes nach seiner Benennung enthält.

Geschwindigkeit des Windes. Meilen in einer Stunde.	Geschwindigkeit des Windes. Fuß in einer Secunde.	Perpendikularkraft auf einen □ Fuß Fläche in Pfunden des avoir-du-pois-Gewichts.	Gewöhnliche Benennung der Stärke des Windes.
1	1,47	0,005	kaum merkbar.
2	2,93	0,020	gerade merkbar.
3	4,40	0,044	
4	5,87	0,079	ein sanfter angenehmer Wind.
5	7,33	0,123	
10	14,67	0,492	ein angenehmer frischer Wind.
15	22,00	1,107	
20	29,34	1,968	ein sehr frischer Wind.
25	36,67	3,075	
30	44,01	4,429	ein starker Wind.
35	51,34	6,027	
40	58,68	7,873	ein sehr starker Wind.
45	66,01	9,963	
50	73,35	12,300	ein Sturm.
60	88,02	17,715	ein starker Sturm.
80	117,36	31,490	ein Orkan.
100	146,70	49,200	ein Orkan, der Bäume entwurzelt und Gebäude niederreißt.
1.	2.	3.	

Bekleidung der Flügel. — Bei den erwähnten Versuchen sind die Flügel stets als voll bekleidet angenommen. Bei starkem Winde ist es jedoch nothwendig, einen Theil der Segel einzuziehen, und es giebt gewöhnlich vier Grade der Bekleidung der Flügel, nach der Geschwindigkeit des Windes und nach der auszuführenden Arbeit. Es wird dieses Einziehen der Segel durch Seile bewirkt, die an den Punkten a b c, Fig. 6, Taf. VI., befestigt sind, und die entweder durch Ringe, oder über die Enden der Sprossen gehen, die vor der Stange M B′ vorspringen, und indem man die Linien losknüpft, können die Segel sehr leicht zu irgend einer von den Lagen aufgerefft werden, welche die punktirten Linien in der Figur andeuten.

Will man die Stellung der Segel verändern, so muß die Mühle aufgehalten werden, wodurch mancher Nachtheil und stets Zeitverlust hervorgeht. Auf der andern Seite

ist das Umändern der Stellung der Segel während des Ganges der Mühle mit großen Gefahren verbunden, wie ein Jeder es weiß, der den Windmühlenbetrieb kennt. Entsteht ein plötzlicher Sturm, und die Segel sind ganz ausgespannt, so hält es oft schwer, die Mühle mittelst der Bremse zum Stillstande zu bringen. Werden die Flügelwellen auch nicht in den Hälsen abgewunden, indem der Wind zu stark auf die Flügel wirkt, so schwächt doch eine zu häufige Anwendung der Bremse die Wellen sehr, so daß sie bald unbrauchbar werden. Die damit verbundenen Gefahren veranlassen den Müller häufig, in dunkeln Nächten gar nicht zu mahlen und wenn dieß auch noch so nothwendig wäre, und der Aufenthalt der Mühle und das Umspannen der Segel halten auch häufig von dem sehr nothwendigen Betriebe ab.

Diese verschiedenen Nachtheile, welche mit der gewöhnlichen Methode des Umspannens der Segel verbunden sind, haben Veranlassung zu manchen Vorrichtungen gegeben, welche den Zweck haben, die Veränderung der Stellung der Segel auf eine leichte Art zu bewirken, ohne den Betrieb der Mühle aufzuhalten. Von diesen verschiedenen Vorrichtungen beschreiben wir nur einige, welche sich durch ihre Zweckmäßigkeit auszeichnen.

Die erstere derselben besteht darin, die Segel auf Walzen aufzurollen, die sich längs der Flügel ausdehnen, und die durch ein System von Räderwerk mit der Flügelwelle auf die folgende Weise verbunden werden. Ein ungefähr 4 Zoll weiter und $^3/_4$ Zoll starker eiserner Ring a, Fig. 1, Taf. VII, ist in geringer Entfernung von den Windruthen concentrisch mit der Welle verbunden. Auf diesem Ring bewegt sich ein Winkelrad b, ohne Arm, und hinter dem Ringe bewegt sich auf vier Bolzen ein Stirnrad ohne Arme. Die Einrichtung dieses Theiles ist jedoch leichter aus Fig. 2 erkenntlich, welche eine hintere Ansicht des eisernen Ringes ist; c ist das sich auf den Bolzen drehende Zahnrad; dddd und eeee sind vier Getriebe, die mit einer Spindel verbunden sind, die an ihrem andern Ende Winkelräder ffff, Fig. 1, haben, welche in ähnliche greifen, die an den Walzen PP sitzen. Auf diese Walzen werden die Segel aufgewickelt; sie haben ungefähr 3 Zoll im Durchmesser, bestehen aus Holz, und sind an der äußern Kante jedes Flügels angebracht. Sie bewegen sich an beiden Enden um Zapfen, deren Pfannen oder Büchsen an der Windruthe befestigt und vor welchen Schraubenmuttern vorhanden sind. Man sieht die Pfannen am Ende der Walzen bei gg, Fig. 1. An der innern Seite der Windruthen sind vier Walzen R angebracht, denen von PP ganz ähnlich, um deren Peripherie Seile gehen, deren andere Enden mit der Kante der Segel verbunden sind, so daß durch die Umdrehung dieser Walze das Segel auf den Flügel gezogen wird. Sie laufen auf dieselbe Weise, wie die Walzen P an den Enden jeder Windruthe in Pfannen, und an dem einen Ende haben sie ein Winkelrad h, welches in das Winkelrad b auf dem Ring a greift, wodurch ihnen die Bewegung mitgetheilt wird.

In dem gewöhnlichen Zustande der Mühle dreht sich die Maschinerie ungestört mit der Flügelwelle, und sie wird nur in Wirksamkeit gesetzt, wenn irgend eine Veränderung der Segel nothwendig wird, welches auf folgende Weise geschieht. Wir wollen annehmen, daß die Flügel

gänzlich bekleidet seien, und daß es erforderlich sei, die Bekleidung zu vermindern. Ein, im gewöhnlichen Zustande senkrecht hängender Hebel wird mittelst des Anziehens eines, an seinem Ende befindlichen Seiles in eine horizontale Lage gebracht. In dieser Stellung tritt er gegen einen Nagel s an dem Stirnrade und verhindert dessen Bewegung. Das Winkelrad b und der eiserne Ring fahren fort, sich mit der Flügelwelle zu bewegen, und drehen daher die kleinen Getriebe, und dadurch die Walzen PP, welche die Segel so lange aufwickeln, bis der Hebel wieder von dem Nagel s entfernt wird, wodurch die Bewegung der Maschinerie wieder aufgehalten wird. Auf diese Weise wird es dem Müller durch Anziehen des erwähnten Seiles möglich, zu jeder Zeit einen Theil der Flügel von dem Segel frei zu machen. Sollen dagegen die Segel wieder aufgezogen werden, so tritt ein Hebel gegen den Nagel t an dem Winkelrade, und durch das Aufhalten desselben werden die Winkelräder und die Walzen R in Bewegung gesetzt, welche die Seile OOO aufwickeln und die Segel wiederum auf den Flügeln aufziehen. Der Müller ist daher im Stande, durch Anziehen des einen oder des andern Seiles die Größe der Segel nach der Stärke des Windes und nach der erforderlichen Betriebskraft einzurichten.

Um das Zerbrechen der Walzen zu verhindern, welches leicht geschehen kann, wenn sie lang sind, ist bei n eine hölzerne Stütze angebracht, die das Aufwickeln des Segeltuches nicht hindert. Da die Seile OOO ꝛc., welche über die Kanten der äußeren Stangen der Flügel gehen, bei trocknem Wetter lose werden, so wird ein Seil, welches über eine Feder von irgend einer Art oder Gestalt, die unter dem Segel angebracht ist, geht, dort befestigt, und um das obere Ende der Walzen in einer Richtung gewickelt, welche der des Segeltuchs und der Seile O gerade entgegen ist und diese immer straff erhält, so daß die Wirkung der Maschinerie sicherer ist.

Eine andere Methode, die Bekleidung der Flügel nach dem Winde einzurichten, wollen wir mit Hülfe der Figuren 3 bis 5 zu erläutern suchen. Die Flügel bestehen aus einer Reihe kleiner Flügel oder Klappen, die an den Enden mittelst Stiften in dem Gerüst der Windflügel beweglich und die so eingerichtet sind, daß sie dem Winde eine größere oder geringere Oberfläche darbieten, je nachdem er mit größerer oder geringerer Kraft darauf einwirkt. Ist der Wind sehr stark, so kehren ihm die Klappen ihre Kanten zu, und ihre Flächen sind dann der Richtung des Windes parallel, und die Mühle würde demnach stehen bleiben, oder nur eine geringe Bewegung haben. Um nun diesen Nachtheil zu verhindern, wird ein Apparat angewendet, der es veranlaßt, daß die Klappen ihre Oberflächen, oder jeden erforderlichen Theil derselben, dem Winde zukehren.

Fig. 3 stellt eine Reihe solcher Klappen vor, von denen die AA gegen den Wind gekehrt sind und ihre Oberflächen rechtwinklig auf demselben stehen. BB zeigt dagegen die Klappen in solcher Stellung, daß die Kanten gegen den Wind gekehrt sind, so daß derselbe nur auf diese wirken kann. In der Abbildung liegt die Windruthe in der Mitte des Flügels; jedoch ist es einleuchtend, daß sie auch eben so gut, wie es gewöhnlich der Fall ist, auf der Seite liegen kann.

Fig. 4 ist ein Durchschnitt durch die Flügelwelle, welcher den Apparat zur Regulirung der Klappen verdeutlicht. A ist die Flügelwelle, durch deren Axenlinie eine Höhlung geht, die zur Aufnahme einer eisernen Stange B dient, welche sich frei darin bewegen kann. Das eine Ende dieser Stange hat eine kugelförmige Verstärkung, welche sich in einer Büchse c dreht, so daß die Stange vor- und rückwärts geschoben werden kann, und doch noch stets im Stande ist, sich umzudrehen. Die Büchse c ist an der Zahnstange D befestigt, deren Zähne in die des Getriebes E an der Spindel greifen, auf welcher die Scheibe F mit einer Rinne auf ihrer Peripherie zur Aufnahme des Seiles G, an welchem das Gewicht W hängt, befestigt ist. Dieses Gewicht dient dazu, die Einwirkung des Windes auf die Klappen zu reguliren, und kann nach der erforderlichen Betriebskraft ajustirt werden. Am andern Ende der Stange ist eine eiserne Platte K angebracht, und auf derselben sind die Gelenke L L befestigt, welche mit den Hebeln M M in Verbindung stehen und diesen gestatten, sich in einer krummen Linie zu bewegen, während die eiserne Stange B eine gerade Linie macht. N N sind zwei Stangen, um deren Enden sich die Hebel M M bewegen, welche die Bewegung der Stange B den Zahnstangen P P mittheilen. Diese Zahnstangen greifen in die Getriebe Q Q, an deren Axe (nach der auf der Abbildung Fig. 4 dargestellten Methode) eine starke eiserne Kurbel C angebracht und an deren Ende eine Schieberstange S vorhanden ist. Jede Klappe hat einen kleinen, von ihr vorstehenden Hebel, der durch einen Stift mit dem Schieber verbunden ist, so daß durch die Bewegung des Schiebers die Klappen dem Winde einen verschiedenen Winkel entgegenstellen.

Eine dritte Methode, die Klappen zu reguliren, ist in Fig. 5 dargestellt, an der sie, statt der Hebel, Getriebe haben, in welche die Zähne der Zahnstange T greifen und die Bewegung veranlassen.

Die Wirkungsart dieses Apparats ist leicht einzusehen. Man nehme an, daß das Seil G so niederwärts gezogen wird, daß die Scheibe F ungefähr drei Viertel von einer Umdrehung macht. Das Getriebe E setzt die Zahnstange D und die Stange B in Bewegung und bringt die Hebel in die Stellung, welche die punktirten Linien andeuten. Die

Zahnstange P P wird nun die Getriebe so gedreht haben, bis die Schieber S oder T (je nach der angewendeten Methode) die Klappen in solche Stellung bringt, daß ihre ganze Oberfläche dem Winde entgegen steht. Wird daher an das Seil G ein Gewicht gehängt, so wird es die Oberfläche der Klappen gegen den Wind halten, bis dessen Stärke hinreicht, das Gewicht zu heben, worauf die Klappen mehr oder weniger geöffnet werden, bis der Druck auf der geneigten Oberfläche so vermindert ist, daß er dem Gewicht das Gleichgewicht hält. Dadurch wird die Kraft des Windes, welche über diejenige hinaus ist, die das Gewicht hebt, seine Geschwindigkeit nicht vermehren, und es wird ein, auf andere Weise nie zu erreichender Grad der Regelmäßigkeit erlangt werden.

Man hat noch mehre Methoden erfunden, die Segel der Windmühlen mit dem Winde gleichzustellen; jedoch sind die beschriebenen die einzigen, welche in praktischen Gebrauch gekommen sind, und dieser ist sehr beschränkt, da die Kosten und das Zusammengesetzte eines solchen Apparates seine allgemeine Anwendung verhindern.

Bei den bis jetzt beschriebenen Windmühlen drehen sich die Flügel, wie schon bemerkt, in einer vertikalen (oder fast vertikalen) Ebene um; bei den sogenannten horizontalen Windmühlen findet gerade das Entgegengesetzte statt; die Flügel bewegen sich hier in einer wagrechten Fläche. Ihre Einrichtung kann für diesen Zweck sehr verschieden, muß aber doch immer so sein, daß der Wind nur auf einer Seite Widerstand findet, weil sonst die nach entgegengesetzten Richtungen wirkenden Stöße einander aufheben würden.

Die horizontalen Windmühlen haben zwar den Vortheil, daß sie nie nach dem Winde gerichtet zu werden brauchen und zu ihrer Bewegung eine etwas geringere Kraft erfordern; dagegen wird bei ihnen der Stoß des Windes bei weitem nicht so zweckmäßig benutzt, als dieß bei den vertikalen Mühlen der Fall ist, weßhalb diese bei weitem den Vorzug verdienen. Aus diesem Grunde, und weil eine gute Einrichtung ihrer Flügel große Schwierigkeiten hat, werden die horizontalen Windmühlen nur in wenigen Fällen angewendet, und wir können daher ihre specielle Beschreibung gänzlich übergehen.

Sechstes Capitel.

Von den Wasserrädern.

Wir haben bereits weiter oben bei dem Abschnitte von den Kräften bemerkt, daß das Wasser, als eine solche, zur Treibung eines Rades auf eine zweifache Weise angewendet werden könne. Es werden nämlich entweder die Schaufeln des Rades der Bewegung des fließenden Wassers so entgegengesetzt, daß dasselbe unterhalb der Radwelle diese Schaufeln trifft; oder das Wasser kann oben auf ein Rad geleitet und in Kasten (Zellen) geführt werden, welche sich an dem Umfange desselben befinden. Das Gewicht des Wassers, welches im letztern Falle auf der einen Seite des Rades wirkt, veranlaßt, daß sich dasselbe bewegt und eine Kraft ausübt. Hieraus folgt auch die Eintheilung aller Räder in unterschlächtige oder oberschlächtige, oder auch mittelschlächtige. Bei den erstern wirkt das Wasser blos durch seinen Stoß, bei den zweiten fällt es auf das Rad und wirkt durch seinen Druck, und bei den mittelschlächtigen Rädern wirkt es durch beides. Die unterschlächtigen Räder werden gewöhnlich an Flüssen mit geringerem Gefälle, die mittelschlächtigen an solchen mit größerem Gefälle, die oberschlächtigen Räder aber gewöhn-

lich an kleinen Flüssen und Bächen, wo das vorhandene Gefälle den Durchmesser des Rades übersteigt, angewendet. Auch an Teichen, durch welche man ein künstliches Gefälle erlangen kann, legt man gewöhnlich oberschlächtige Räder an.

Sonst construirte man die Wasserräder nur aus Holz, und dieß ist auch jetzt noch gewöhnlich der Fall. In England und hin und wieder auf dem Festlande zieht man es jedoch vor, sie aus Eisen zu erbauen, und besonders ist dieß für Hüttenwerke und besonders da, wo gute Gießereien in der Nähe sind, sehr zweckmäßig. Sollen oberschlächtige Räder aus Eisen erbaut werden, so gießt man die beiden Kränze entweder aus dem Ganzen (bei kleinern Rädern), oder man gießt einzelne Theile derselben und schraubt dieselben zusammen, wie bereits weiter oben bei den Schwung- und den gezahnten Rädern gesagt worden ist. Mit den Kränzen werden die Arme mittelst Schrauben verbunden; beide Kränze werden in gewissen Entfernungen von einander, welche der Breite des Rades entspricht, an der Welle befestigt, und die Schaufeln, so wie der Boden, werden ebenfalls mit den Kränzen verbunden, um das Rad vollständig zu machen. Wir kommen jedoch darauf zurück.

Oberschlächtige Räder (overshot Wheels, engl., Roues à augets, franz.) werden, wie bemerkt, besonders da angewendet, wo ein höheres Gefälle bei geringern Wasserkräften vorhanden ist, wo demnach dem Wasser eine größere Geschwindigkeit gegeben werden, wo es also durch seine Schwere wirken kann. Dieß ist besonders in Gebirgsgegenden der Fall, wo das Wasser noch in mehren Bächen und kleinen Flüssen vertheilt ist, die sich erst in den Ebenen, wo dagegen das Gefälle nur gering sein kann, zu mehr oder weniger großen Flüssen vereinigen, deren Wasser dann mittelst unterschlächtiger Räder durch den Stoß wirkt. Ein Haupttheil der oberschlächtigen Räder sind die Schaufeln, von deren Form und Einrichtung die punctirten Linien in, Fig. 1, Taf. VIII, einen Begriff geben, und auf deren genauere Beschreibung wir sogleich zurückkommen.

Eine nur oberflächliche Betrachtung der Beschaffenheit und der Wirkungsweise der oberschlächtigen Wasserräder wird hinreichend sein, um den Leser von der Unmöglichkeit zu überzeugen, die Schaufeln so zu construiren, daß sie vollkommen mit Wasser gefüllt bleiben können, bis sie den niedrigsten Stand des Radumkreises erreicht haben. Anfänglich legte man die Schaufeln in die Verlängerung des Halbmessers des Rades, wie bei dem unterschlächtigen Rade, Fig. 5; allein hierbei kann sich das Wasser ganz natürlich nur so lange in den Schaufeln aufhalten, bis daß diese eine horizontale Lage erreicht haben. Man verfiel daher bald darauf, die Schaufeln unter einen Winkel so einzusetzen (fg, Fig. 3), daß das Wasser zwischen ihnen und den Boden einfallen kann. Soll nun das Wasser lange im Rade bleiben, so muß der Winkel, welchen die Schaufeln mit der Peripherie machen, sehr klein sein, welches aber den Nachtheil hat, daß die Schaufeln den Boden nur in bedeutender Entfernung erreichen, daß die benachbarten Schaufeln einander zu nahe kommen, daß die Zellen sehr eng werden, das Rad selbst aber zu schwer wird. Um diese Nachtheile zu heben, macht man daher die Schaufeln

aus zwei Theilen oder gebrochen, wie GOF, Fig. 3, und nennt den obern Theil GO, die Stoß- oder Setzschaufel, und den untern Theil OF die Kropf- oder Riegelschaufel, den Raum zwischen zwei Schaufeln aber die Zelle.

Wir betrachten die Construction der Schaufeln noch etwas näher. — Denken wir uns AM als einen Theil von dem Kranze eines Rades mit 40 Schaufeln, und werde der Bogen BO mit dem Namen des Theilrisses bezeichnet. Die Gestalt einer Zelle zeigt GOFABCD; der Boden derselben AF muß $^{6}/_{4}$ von AE, der Breite des Radkranzes, und die Kropfschaufel AB muß $^{1}/_{2}$ von AE betragen. Der Theil BC von der Stoßschaufel muß eine solche Neigung zu der Kropfschaufel AB haben, daß HC, senkrecht auf AHF bei H stehend, $^{5}/_{6}$ von AE sein muß. Der Theil CD der Stoßschaufel muß eine solche Neigung zu BCn haben, daß Dn = $^{1}/_{4}$ von En ist. Gewöhnlich haben die Stoßschaufeln aber eine gerade Richtung BCn, denn die gebogene BCD läßt sich nur dann gut anbringen, wenn die Schaufeln aus Blech angefertigt werden.

Aus dieser Construction folgt, daß die Oberfläche HABC fast gleich der von DABC ist, so daß das den Raum HABC füllende Wasser gänzlich in der Zelle enthalten sein wird, wenn sie in eine solche Lage kommt, daß AD eine horizontale Linie bildet. Die Linie AB wird alsdann einen Winkel von 35° mit der Senkrechten bilden, oder die Zelle wird 35° von der senkrechten durch die Bewegungsaxe gehenden Linie ausmachen. Geht die Zelle so viel weiter nieder, daß die Hälfte des Wassers herausläuft, so macht die Linie AB einen Winkel von ungefähr 24 $^{1}/_{2}$° mit der Senkrechten. Daher wird das auf die erwähnte Weise mit Wasser angefüllte Rad dasselbe auszugießen beginnen, wenn es ungefähr $^{1}/_{4}$ Durchmesser von dem niedrigsten Punkte entfernt ist, und die unterste Zelle wird ungefähr die Hälfte des Wassers verloren haben, wenn der Stand ungefähr $^{1}/_{21}$ des Durchmessers niedriger ist. Wären die Zellen in einem stärkern Verhältniß durch das Gerinne mit Wasser angefüllt, so würden sie sich in einer größern Höhe von dem niedrigsten Punkte entleeren und es würde ein größerer Theil des ganzen Wassergefälles verloren gehen. Bei der obigen Construction beträgt der Verlust weniger als $^{1}/_{10}$, vorausgesetzt, daß das Wasser in die obersten Schaufeln einfällt, und kann zu ungefähr $^{1}/_{12}$ angenommen werden; denn es verhält sich dieser Verlust wie der sinus versus des Winkels, welchen der Radius der Zelle mit der Senkrechten macht.

Der sinus versus von 25° ist 0,18085 oder ungefähr $^{1}/_{5}$ des Halbmessers, oder $^{1}/_{10}$ des Durchmessers. Hätte nun jede Zelle nur die Hälfte des Wassers von dem Zuführungsgerinne erhalten, so würde es dasselbe um 10° von einer Umdrehung mehr behalten, und der Verlust des Gefälles.

Eine andere Methode der Radconstruction besteht darin, daß man den Theilriß in die Mitte der Kränze setzt, so daß die innern und die äußern Theile der Zellen fast gleichen räumlichen Inhalt haben. Bei Hammerwerken und mehren andern Maschinen kommt man nämlich in den Fall, das Rad zu einer Zeit mit einer größern, zu einer andern Zeit aber mit einer kleinern Kraft zu betreiben, wobei jedoch die Bedingung, daß das Wasser stets nach der Richtung der Setzschaufel in das Rad einfalle, beibehalten werden

13 *

muß. Es ist ersichtlich, daß dieß Bedürfniß nur durch die einzulassende Wassermenge und durch das höhere und niedrigere Aufziehen der Schütze erfüllt werden kann. Es ist für alle solche Fälle nothwendig, die Radschaufeln nicht bis zu ²/₃ der Höhe der Radkränze, sondern weniger anzufüllen, um dadurch den Arbeiter in den Stand zu setzen, durch ein höheres Aufziehen der Schütze die Wirkung des Rades nach Bedarf zu vermehren. Dabei muß die Breite der Schaufelung gehörig vermehrt werden, wie denn überhaupt als Regel anzunehmen ist, daß in allen Fällen, wo es darauf ankommt, das Gefälle möglichst zu benützen, es vortheilhaft ist, die Zellen nicht ganz anzufüllen und daher das Fehlende am Inhalt durch die Weite der Radkränze zu ersetzen. Dieser Satz wird durch eine Beobachtung des verewigten Ritters F. J. v. Gerstner an Hammerrädern bestätigt. Er ließ das Aufschlagewasser durch Herablassen der Schützen bis zur Hälfte der Oeffnungsflächen vermindern, und bemerkte, daß der Hammer, der vorher 68 bis 70 Schläge in der Minute gemacht hatte, nun 42 bis 48 machte. Die wirksame Wassersäule war daher durch Verminderung der Aufschlagewasser um den vierten oder dritten Theil vermehrt worden, und es kann folglich durch eine angemessene Erweiterung der Radkränze derselbe Effect mit einem geringern Wasserzufluß bewirkt werden. Dieß ist für Gegenden, wo die Hämmer, vorzüglich in Sommermonaten wegen Wassermangel eine längere Zeit hindurch stehen müssen, sehr wichtig.

Ueber die zweckmäßigste Bauart der Zellen ist im Allgemeinen Folgendes zu bemerken: Die Zellen sollen

1) so beschaffen sein, daß sie das Wasser leicht und ohne Hinderniß von oben aufnehmen, dasselbe bis zum niedrigsten Punkte des Rades behalten, dort aber ganz ausschütten. Man wird leicht einsehen, daß dieselben einfachen Mittel, welche der leichtern Aufnahme des Wassers von oben zuträglich sind, auch unterhalb das zu frühe Ausschütten befördern, daß also die Vermehrung der Wirkung an der obern Seite zugleich mit einer Verminderung an der untern Seite verbunden ist. Um eine große Wirkung hervor zu bringen, sollen die Zellen

2) viel Wasser aufnehmen können, ohne dadurch mit Schaufeln überladen und zu schwer zu werden. Macht man in dieser Absicht die Entfernung der Schaufeln groß, so wird das Rad zwar leicht, aber dasselbe erhält nur wenige Zellen und kann demnach nicht mehr Wasser aufnehmen, als diese geringe Anzahl zu fassen vermag. Stellt man dagegen die Schaufeln nahe zusammen, so erhält man viele Zellen, aber ihr Inhalt wird klein, das Rad wird mit Holz (oder mit Eisen, wenn die Schaufeln aus diesem bestehen) überladen und schwer, und für das Wasser bleibt abermals zu wenig Raum übrig.

Die Breite der Radkränze beträgt im Verhältniß zu der Höhe und Breite der Räder 9 bis 12 Zoll; bei den breitern darf aber der Theilriß nicht, wie gewöhnlich (Fig. 3, Taf. VIII) auf ein Drittheil, sondern auf die Mitte des Kranzes gesetzt werden, weil sonst ein Verlust am Gefälle entsteht.

Bei der Berechnung der Wassermenge, die ein Rad aufzunehmen vermag, muß von der Fläche ABnF, Fig. 3, der Flächeninhalt der Setz- und der Kropfschaufel abgezogen werden, und es folgt daher, daß die Schaufeln selbst

so dünne gemacht werden müssen, als es die nöthige Festigkeit nur immer erlaubt. Man befördert diesen Zweck wesentlich, wenn die Schaufeln von Eisenblech angefertigt werden, da man einsehen wird, daß gußeiserne, die auch hin und wieder angewendet worden, um die nöthige Festigkeit zu erreichen, bedeutend stärker sein müssen. Wir bemerkten schon weiter oben, daß Räder, deren Kränze von Gußeisen, deren Arme von Guß- oder Stabeisen, deren Wellen nebst den sie umgebenden Kränzen zur Einsetzung der Arme aus Gußeisen und deren Schaufeln endlich aber aus gewalztem Eisenblech bestehen, in England ziemlich allgemein und auch in Frankreich und Deutschland nicht selten seien. Die Fig. 1, 2, 4, 5, Taf. VIII, so wie die Fig. 6, Taf. VII, und die Taf. IX und X, zeigen uns Abbildungen solch eiserner Räder, sowohl ober- als unterschlächtiger. Bei andern Rädern sind Wellen, Arme oder Speichen und Radkränze von Eisen, die Schaufeln aber von dünnen Brettern, oder man macht auch wohl die Räder von Eisen und befestigt sie an hölzernen Wellen. So wird z. B. eine Fabrik in Manchester durch ein eisernes Rad von 60 Fuß Höhe, 12 Fuß Breite und einem Gewicht von 60 Tonnen (1200 Centnern), welches mit einer Kraft von 120 Pferden wirkt, in Bewegung gesetzt; auch in der Schweiz, namentlich in und in der Gegend von Zürich und in Frankreich findet man viele solcher Räder, welche unerachtet ihres hohen Preises außerordentlich vortheilhaft sind. Kropf- und Riegelschaufeln bestehen aus einem Stück Blech, welches gebogen ist, oder aus einem Stück Gußeisen. Wir werden weiter unten noch die specielle Beschreibung eines solchen Rades mittheilen.

Geschwindigkeit eines oberschlächtigen Wasserrades. — Es ist dieß ein sehr wichtiger und große Aufmerksamkeit erfordernder Gegenstand, hinsichtlich dessen verschiedene Mechaniker zu verschiedenen Resultaten gelangt sind. Der Theorie nach leistet ein oberschlächtiges Rad um so mehr, je langsamer es umgeht. Um dieß auf allgemein verständliche Weise deutlich zu machen, verfahren wir auf folgende Weise. Wir wollen annehmen, daß ein Rad dreißig Zellen habe und daß in einer Secunde sechs Kubikfuß Wasser zu dem höchsten Punkt des Rades gelangen und ohne irgend einen Verlust von den Schaufeln aufgenommen werden. Ist dieß der Fall, so haben die Zellen, sei die Geschwindigkeit des Rades auch, welche sie wolle, hinreichende Größe, um alles in dieselben fallende Wasser zu halten. Nehmen wir ferner an, daß das Rad angewendet werde, um irgend ein Gewicht, z. B. Wasser mittelst einer Kette von 30 Kasten (Kastelwerk), zu derselben Höhe und mit derselben Geschwindigkeit empor zu heben. Wir wollen fernerhin annehmen, daß, wenn die Last an der aufsteigenden Seite der Maschine die Hälfte von der des Rades ist, das Rad vier Umgänge in einer Minute, oder einen Umgang in fünfzehn Secunden macht. Während dieser Zeit sind 90 Kubikfuß Wasser in die dreißig Zellen geflossen und eine jede hat drei Kubikfuß aufgenommen. In diesem Falle enthält jeder von den emporsteigenden Kasten 1 ¹/₂ Kubikfuß, und es werden demnach während eines Radumganges 45 Kubikfuß in den obern Sammelkasten ausgegossen, oder 180 Kubikfuß in einer Minute.

Machen wir nun die aufsteigenden Kasten größer, so daß das Wasserrad nur zwei Umgänge in einer Minute

oder einen in dreißig Secunden macht, so muß jede Radzelle sechs Kubikfuß Wasser aufnehmen können. Enthält nun jeder aufsteigender Kasten des Kastelwerks drei Kubikfuß Wasser, so ist die Bewegung der Maschine dieselbe wie vorher. Unsere Maschine würde daher fortfahren, vier Umgänge in einer Minute zu machen, und würde bei jedem 90 Kubikfuß oder in der Minute 360 Kubikfuß emporheben. Nun wollen wir aber annehmen, daß das Rad nur zwei Umgänge in einer Minute mache, die eine Folge von einer schwerern Belastung als drei Kubikfuß Wasser für jeden emporsteigenden Kasten sind, so muß die Maschine bei einem Umgange des Rades mehr als 90 Kubikfuß Wasser und mehr als 180 in einer Minute heben. Es scheint daher, daß, wenn sich die Maschine mit der Hälfte der Geschwindigkeit als vorher bewegt, mehr als das Doppelte von der vorherigen Quantität in den emporsteigenden Kästen vorhanden ist und daß mittelst desselben Kraftaufwandes in einer Minute mehr emporgehoben wird. Geht nun die Maschine dreimal langsamer, so muß mehr als das Dreifache von der vorherigen Quantität in den aufsteigenden Kästen vorhanden, und es wird daher die Wirkung bedeutender sein.

Diese Bemerkungen werden hinreichend sein, im Allgemeinen die Vortheile einer langsamen Bewegung darzuthun; allein sie zeigen dagegen, wir müssen es gestehen, durchaus nicht das Verhältniß zwischen der Geschwindigkeit der Bewegung und dem Effect, und eben so wenig auch das Prinzip, von welchem es abhängt. Es ist übrigens einleuchtend genug, daß in der Natur der Dinge kein Maximum des Effects mit irgend einem bestimmten Verhältniß der Bewegung verbunden ist. Alles, was wir daher zu thun haben, besteht darin, die Maschine zu belasten und dadurch ihre Geschwindigkeit zu vermindern, bis daß andere physikalische Umstände ins Spiel treten, und dieß muß nothwendig der Fall sein. Bei dem Gange eines Rades und eines Getriebes, und wenn beide auch mit der größten Umsicht und Genauigkeit angefertigt worden sind, können Ungleichheiten durchaus nicht vermieden werden und diese steigen mit der Veränderung der durch Abnutzung veranlaßten Form, und alle Unregelmäßigkeiten dieser Art werden bei einer langsamen Bewegung und bei einer großen Belastung merklicher, als bei großen Geschwindigkeiten und bei geringer Belastung, und so stecken uns praktische Mängel hier, so wie in andern Fällen ein Ziel, und wir können auf der einen Seite nicht Vortheile verfolgen, ohne auf der andern nicht auch Nachtheile mit aufzunehmen. Die große Frage ist daher die, den Punkt zu bestimmen, wo das Maximum der Wirkung hervorgebracht wird, und da dieß so sehr von den Umständen abhängt, so kann man ihn nur bestimmen, wenn diese Umstände bekannt sind; und dann ist es nur der erfahrne Maschinenbaumeister zu thun im Stande. Alle Berechnungen über den Gegenstand sind vergeblich und nutzlos. Die folgenden Bemerkungen werden dagegen für den Praktiker von Nutzen sein.

Von dem Maximum der Belastung. — Die größte Belastung für ein oberschlächtiges Wasserrad ist die, welche dessen Peripherie auf seine ihm eigenthümliche Geschwindigkeit reducirt. Man erlangt dieß, wenn man die in einer gewissen Zeit zu leistende Wirkung durch den Raum dividirt, welcher von der Peripherie des Rades in derselben Zeit durchlaufen werden soll und der in Frage

stehenden Belastung, mit Einschluß der Reibung und des Widerstandes der Maschinerie, gleich ist.

Die größte Geschwindigkeit, deren ein oberschlächtiges Rad fähig ist, hängt vereint von dem Durchmesser oder der Höhe des Rades und von der Geschwindigkeit fallender Körper ab; denn es ist klar, daß die Geschwindigkeit der Peripherie nie größer sein kann, als eine halbe Peripherie zu beschreiben, während ein von dem obersten Punkt herabfallender Körper den nicht so großen Durchmesser beschreibt, weshalb der Zeitunterschied stets zu Gunsten des Durchmessers ist. Nehmen wir daher den Durchmesser eines Rades zu 16 Fuß 1 Zoll an, so würde ein schwerer Körper diesen Raum in einer Secunde durchfallen; jedoch kann ein solches Rad diese Geschwindigkeit nie erlangen, und einen Umgang in zwei Secunden machen, und eben so wenig kann irgend ein oberschlächtiges Rad sich einer solchen Geschwindigkeit nur nähern. Nachdem nämlich ein Rad eine gewisse Geschwindigkeit erlangt hat, kann ein Theil des Wassers nicht in die Zellen gelangen, und ein anderer Theil wird durch die Centrifugalkraft herausgeschleudert. In der Theorie können wir annehmen, daß ein Rad im Stande sey, jeden Widerstand zu überwinden; in der Praxis aber ist es erforderlich, dem Rade und den Zellen eine gewisse bestimmte Größe zu geben, und wir werden stets finden, daß das Rad durch eine solche Belastung aufgehalten wird, die gleich der Wirkung des Wassers in allen Zellen des halben Umkreises ist. Dieß kann durch die Structur der Zellen selbst geschehen; in der Praxis wird aber ein oberschlächtiges Rad lange vorher schon unwirksam; denn wenn es solchen Widerstand findet, daß seine Geschwindigkeit bis zu einem gewissen Grade vermindert wird, so erlangt es eine unregelmäßige Bewegung; dieß ist aber nie der Fall, so lange die Geschwindigkeit an der Peripherie weniger als 2 Fuß in der Secunde beträgt, wenn der Widerstand gleichförmig ist. Eine Höhe des Rades von 50 bis 60 Fuß ist aber das Maximum, welches man durch hinlängliche Erfahrung, besonders beim Bergbau, erkannt hat, weil die Construction höherer Räder mit sehr großen Schwierigkeiten verbunden ist.

Die Construction der Wasserräder ist in neuerer Zeit so sehr verbessert und ist für das Maschinenwesen von so großer Wichtigkeit, daß wir es nach diesen allgemeinen Bemerkungen für sehr zweckmäßig halten, die genaue Beschreibung von einem oberschlächtigen Rade zu geben, welches im Jahre 1830 von dem engl. Ingenieur John Hall für die Königl. Porzellanmanufaktur zu Sèvres bei Paris zum Betrieb der Schlemmwerke ꝛc. erbaut worden ist. Es besteht gänzlich aus Gußeisen, Stabeisen und Eisenblech, seine Construction ist bei bedeutender Größe sehr leicht, fest und elegant, sein Nutzeffect verhältnißmäßig sehr bedeutend. Wir entlehnen die Beschreibung aus dem Portefeuille industriel, I. 327 etc., und theilen auch die Einzelnheiten der Construction mit, da gußeiserne Räder in Deutschland, selbst auch auf Eisenhütten, noch immer nicht so häufig angewendet werden, wie sie es verdienen. Wir beschreiben zuvörderst das Rad und untersuchen dann den Nutzeffect, welchen es leistet, wobei wir die Geschwindigkeit und die Menge der Aufschlagewasser berücksichtigen, und die Principien angeben, nach denen man die Verhältnisse der Räder in Folge der Menge des Wassers verändern muß.

Die Welle A A des Rades ist in den Fig. 1, 2 und 3, Taf. IX, und in den Fig. 4, 5 und 6, Taf. X, dargestellt. Die Fig. 4 ist ein Aufriß, die Fig. 5 eine Ansicht vom Ende, die Fig. 6 ein Querdurchschnitt in der Mitte der Länge. Diese Welle besteht aus Schmiedeeisen und aus einem Stück; die Rippen b geben ihr die ganze natürliche Stärke. Sie laufen in die Verstärkungen B und B' aus, und gegen diese letztern stützen sich die Ringe oder Naben. Die schwächern Enden der Welle sind die Zapfen, um welche sie sich in den Zapfenlagern bewegt.

Eins von den Zapfenlagern (Coussinets, franz.) ist in den Fig. 7, 8 und 9 dargestellt. Fig. 7 ist ein Grundriß des untern Stücks C, Fig. 8 ein Grundriß des obern Stücks oder Deckels D und Fig. 9 ein Aufriß des Ganzen. In Fig. 7 sind die länglich runden Löcher e angegeben, durch welche das Zapfenlager C auf dem Angewelle befestigt wird. Die mit Schraubengewinden versehenen Löcher e' sind zur Aufnahme der Schrauben d' bestimmt (Fig. 9). In Fig. 8 sieht man die Ausschnitte, mittelst deren die Schrauben d' den Deckel D in seiner Lage erhalten, so wie auf die viereckige Oeffnung, welche zum Schmieren dient.

Der eine von den Ringen oder Naben (Moyeux, franz.) ist in den Fig. 10, 11 und 12 dargestellt. Fig. 10 ist ein Aufriß von vorn, Fig. 11 eine Seitenansicht und Fig. 12 ein Durchschnitt nach der gebrochenen Linie 1—2 der Fig. 10. Die Ringe werden mittelst der Büchse F auf die Welle geschoben. Diese ist mit vier Rinnen f versehen, welche in die Enden der Rippen greifen. Besser ist es noch, wenn die Welle ähnliche Rinnen hat, wie der Ring und in beide dann Keile getrieben werden, welche die Stücke sehr fest verbinden. Die Peripherie des Ringes ist mit 16 cylindrischen Löchern versehen, von denen 8, f' eine senkrechte Richtung zur Welle, 8 aber f'' eine schiefe Richtung zu derselben haben, welcher Winkel um so größer oder kleiner, je breiter oder schmäler das Rad in der Schaufelung ist. Die geraden und schiefen Löcher wechseln mit einander ab und sind in gleichen Zwischenräumen auf der ganzen Peripherie des Ringes vertheilt, und um den Speichen oder Armen, welche sie aufnehmen sollen, einen hinlänglich festen Punkt zu gewähren, ohne das Gewicht der Ringe unnütz zu vermehren, hat man demselben rings um die Löcher Verstärkungen gegeben. Acht derselben, F', durch welche die senkrechten Löcher gehen, sind theils über, theils unten dem Ringe vorhanden, die andern aber, für die schiefen Löcher, F'', nur unter dem Ringe.

Nachdem die Ringe oder Naben auf dem Rade gehörig und in einer genau richtigen Stellung befestigt worden sind, bringt man nach und nach die Radkränze an, welche die Schaufelung und die Zähne tragen, mittelst welcher letzterer die Bewegung des Rades fortgepflanzt wird.

Beide Radkränze (Couronnes, franz.) sind einander ganz gleich; jedoch beschreiben wir vorzugsweise denjenigen, welcher mit der Verzahnung versehen ist, weil er von Distanz zu Distanz Löcher und kleine Vorsprünge hat, welche an dem andern Kranz nicht nöthig sind.

Die Peripherie des Kranzes ist in acht gleiche Theile getheilt, welche man Felgen nennen kann. Eine von denselben, GG, ist unter verschiedenen Ansichten in den Fig. 13, 14, 15 und 16 dargestellt: Fig. 13 ist ein Aufriß von der innern Seite, Fig. 14 eine Ansicht von der äußern Seite, Fig. 15 eine innere Ansicht in der Ebene des Kranzes selbst und Fig. 16 eine äußere Ansicht, in derselben Ebene genommen. Nimmt man nun an, daß dieser Theil des Kranzes allein an seinen Platz gebracht worden, so denkt man sich, daß er in Fig. 13 von Innen und parallel mit der Welle betrachtet werde, in Fig. 14 von Außen, ebenfalls parallel der Welle, in Fig. 15 von Innen des Rades heraus und in senkrechter Richtung von der Welle, in Fig. 16 endlich von Außen und in derselben Richtung. Die in den Fig. 17, 18 und 19 dargestellten drei senkrechten Durchschnitte vollenden es, einen vollständigen Begriff von diesem wichtigen Stück zu geben. Der erste Durchschnitt (Fig. 17) ist nach der Linie 3—4 gemacht, und zeigt den Befestigungspunkt des geraden Arms; der zweite (Fig. 18) ist nach der Linie 5—6 gemacht und hat den Zweck, den Befestigungspunkt des schiefen Radarms zu zeigen; der dritte (Fig. 19) endlich ist nach der Linie 7—8 (Fig. 14) gemacht, und zeigt die Vorsprünge H', an denen die Schaufeln befestigt werden, und auch die Lappen n n, welche zur Befestigung der Verzahnung dienen.

Das Kranzstück G G ist mittelst eines geraden Arms, L (Fig. 20 und 21) und mittelst eines schiefen, L' (Fig. 22) befestigt. Man ersieht dieß auch aus den Fig. 1, 2, 3, welche Darstellungen des ganzen Rades geben, und aus den Fig. 23 und 24. Es hat zu dem Ende an seiner innern Seite die vorstehenden Theile H und H', den einen von viereckiger, den andern von runder Gestalt. Die erstere dieser Erhöhungen, H, ist im Innern hohl und hat die Gestalt eines T (Fig. 13, 15 und 17), und die Höhlung ist genau so groß, um das obere Ende oder den Kopf l der Stange L (Fig. 20 und 21) aufzunehmen. Die andere, H', hat ein rundes, mit Schraubengewinden versehenes Loch (Fig. 13 und 18), in welches der Kopf l' des Arms (Fig. 22) geschroben wird. Damit sich derselbe nicht losschrauben kann, ist er noch mit einem Splett befestigt; man sieht die zu dem Ende einander correspondirenden Löcher zur Aufnahme des Splettes in Fig. 18 und 22. Die geradstehende Stange geht mit ihrem untern Ende durch eins von den geraden Löchern in dem, dem Kranze correspondirenden Ringe (Taf. IX, Fig. 3) und ist dort mittelst einer Mutter und einer Gegenmutter befestigt. Der schiefe Arm geht durch eins von den schiefen Löchern der Nabe (Taf. IX, Fig. 3) und ist dort auf dieselbe Weise befestigt, wie der gerade Arm.

Die übrigen Kranzstücke sind auf dieselbe Weise mit der Welle verbunden, und man sieht in den Fig. 13, 14, 15 und 16, wie leicht es ist, die Kranzstücke darauf unter einander sehr fest, mittelst eiserner Bolzen und Schrauben, zu verbinden, indem die Enden g der verschiedenen Stücke übereinander greifen.

Wenn die Kränze an ihre Stelle gebracht und sowohl mit einander als auch mit den Naben verbunden, und die Muttern so angezogen worden sind, so daß das Ganze vollkommen fest ist, so schreitet man zur Befestigung des Bodens und der Schaufeln.

Der Boden kommt unten hin und wird gegen die Ränder I I befestigt, die an die Kränze angegossen worden sind. Die Stärke derselben ersieht man aus den Fig. 13, 18 und 19, so wie ihr Vorspringen aus den Fig. 15, 18 und

19; man kann selbst auf den letztern Figuren auch den kleinen Falz wahrnehmen, in welche die Blechstärke zu liegen kommt. Die Bolzen i′, i′, i′, (Fig. 13), deren Köpfe innerhalb der Schaufelung und deren Muttern außerhalb befindlich sind, dienen zur Befestigung des Bodens und sind rings um den Rand II jedes Kranzes angebracht; in der Fig. 15 nimmt man die Löcher i, i, i wahr, durch welche die Bolzen gehn.

Die Schaufeln bestehen, wie der Boden, aus Blech. Zu ihrer Aufnahme dienen die Leisten II, Fig. 13, welche an die Kränze gegossen sind und die sich an den verschiedenen Kranzstücken beider Seiten vollkommen correspondiren. Nachdem die Blechstücke die gehörige Form und Größe erhalten haben, werden sie gegen die Leisten geschoben, wo sie auf dieselbe Weise befestigt werden, wie der Boden, d. h. durch eine gehörige Anzahl Schraubenbolzen, wie man in Fig. 13 sieht.

Das große gezahnte Rad, welches die Bewegung des Wasserrades fortpflanzt, ist ebenfalls in acht Stücke oder Felgen getheilt, welche gegen denjenigen der beiden Kränze passen, welcher zu seiner Aufnahme bestimmt ist. Die Dicke und die Breite dieser gezahnten Felgen ist in den Fig. 25, 26, 27 und 28 angegeben. Fig. 25 ist eine Seitenansicht; Fig. 26 eine Ansicht von Außen; Fig. 27 ein Durchschnitt nach der Linie 9—10, welcher die Verbindung der Felgen untereinander zeigt; Fig. 28 endlich ein Durchschnitt nach der Linie 11—12, welcher die Verstärkungsrippen n′ und die Löcher m′ zeigt, mittelst deren die Felge an dem Kranz befestigt wird. Wenn man die Lage der Löcher m′ mit der der ihnen correspondirenden auf der Felge GG des Kranzes (Fig. 13 und 14) vergleicht, so wird man sehen, daß zwei auf einander folgende verzahnte Felgen zwischen den beiden Vorsprüngen nn, Fig. 14, zusammentreten. Man vereinigt die Stücke so, daß die Löcher m′ mit den correspondirenden Löchern des Kranzes zusammenfallen und daß die Enden N (Fig. 25, 26, 27) von zwei benachbarten Felgen sich genau berühren und die Ränder n′ (Fig. 25) gegen die correspondirenden Vorsprünge treten. Alsdann braucht man nur die Schraubenbolzen durchzustecken und die Muttern anzuziehen, worauf das große verzahnte Rad vollkommen centrirt ist und die verlangte Festigkeit besitzt.

Alle diese Einzelnheiten über die Zusammenfügung der Räder sind von großer Wichtigkeit und werden durch die Abbildungen des Ganzen, Fig. 1 bis 3, noch deutlicher werden.

Die Fig. 23 hat hauptsächlich den Zweck, die Verbindung der beiden senkrechten Arme mit den respectiven Kranzstücken darzustellen und zu zeigen, wie sie wirkliche Radien des Kranzes in einer senkrechten Richtung auf der Längenrichtung der Welle werden und wie sie in der Nabe befestigt sind. Man sieht, daß sie die Kranzstücke festhalten, daß sie dieselben nach dem Mittelpunkte ziehen und alle Fugen gegen einander drücken.

Die Fig. 24 zeigt dagegen, wie die beiden, einander gegenüber stehenden schrägen Arme in ihren respectiven Felgen eingeschroben und mit Splinten befestigt sind und wie jeder nach der entgegengesetzten Nabe geht, um dort in den schiefen Löchern befestigt zu werden. Diese Arme suchen

die beiden Kränze einander zu nähern, und da sie dieß wegen der Schaufeln und des Bodens nicht können, so halten sie dieselben doch fest zusammen und ihre schiefe Stellung verhindert jedes Schwanken des Rades parallel mit der Welle.

Die Fig. 1, 2 und 3 der Taf. IX endlich, stellen das ganze Rad in verschiedenen Ansichten dar. — In Fig. 1 ist die Hälfte des Rades, senkrecht auf die Wellen aufgeschnitten, dargestellt, und das Gerinne ist ebenfalls im Durchschnitt vorhanden, um den Schütz p mit den beiden Zahnstücken und mit den beiden Getrieben p′, welche dazu dienen, jenen mehr oder weniger zu heben, zu zeigen; — in Fig. 2 ist das Rad so wie das Ende des Gerinnes in einer Ansicht von vorn dargestellt; — Fig. 3 ist ein Durchschnitt des Rades in der Richtung der Welle, um den Boden der bleibenden Hälfte und die Einrichtung der Arme zu zeigen.

Untersuchung des Nutzeffects, unter besonderer Berücksichtigung der Geschwindigkeit des Rades und der Menge der Aufschlagewasser. — Um den Nutzeffect des beschriebenen Rades als Beispiel zu untersuchen, bedürfen wir einiger sehr einfachen Formeln, deren Entwickelung jedoch nicht Gegenstand dieses rein praktischen Werks sein kann. Diese Formeln beruhen auf keiner Hypothese, sie sind nur der allgemeine und scharfe Ausdruck von beobachteten Thatsachen, und man kann daher die numerischen Resultate, zu denen sie geführt haben, mit vollem Vertrauen annehmen. Wir beschränken uns daher darauf, die Dimensionen des Rades anzugeben, ferner die Data, welche sie für den Calcul geben, und endlich einige Bemerkungen, wie die Resultate zu schätzen sind.

Dimensionen des Rades.

Breite des Rades zwischen den Schaufeln	0,82 Met.	(2′ 7½″ Rh.)
Innerer Durchmesser oder von dem Boden der Schaufeln an	6,2 „	(19′ 9″ „)
Innerer Halbmesser . . .	3,1 „	(9′ 10½″ „)
Innere Peripherie . . .	19,48 „	(60′ 6¾″ „)
Anzahl der Schaufeln . .	80	
Zwischenraum auf den einzelnen Schaufeln am Boden	0,24 „	(— 9¹/₁₂″ „)
Breite der Kränze oder Unterschied zwischen dem äußern und innern Halbmesser . .	0,18 „	(— 7″ „)
Winkel, den die Schaufeln mit dem äußern Halbmesser des Rades machen	74°	
Höhe desjenigen Theils von der Schaufel, die nach dem Mittelpunkte zu gekrümmt ist, um zur innern Peripherie zu gelangen . . .	0,10 „	(4 Zoll).
Räumlicher Inhalt der Schaufel, wenn sie so angefüllt ist, daß das Wasser heraus zu fließen beginnt, wenn ihr noch 33° zu durchlaufen bleiben, um zu dem niedrig-		

sten Punkte zu gelangen . 12 Liter (10,44 preußische Quart *, oder 768 Kubikzoll, d. h. kein halber Kubikfuß).

Inhalt der Schaufel, wenn sie so angefüllt ist, daß das Wasser heraus zu fließen beginnt, wenn ihr noch 50° zu durchlaufen bleiben, um an den niedrigsten Punkt zu gelangen . . . . . 22 Liter (19 Quart, oder 1408 Kubikzoll).

Kraft der Aufschlagewasser und Lage des Gerinnes.

Ganze Höhe des Gefälles . . . 6,80 Met. (21′ 8″)
Druck des Wassers vor dem Schütze 0,25 „ (— 9½″)
Geschwindigkeit des Wassers in einer Secunde, wenn es unter dem Schütz hervorkommt, um auf das Rad zu fallen . . . . . . 2,00 „ (6′ 4½″)
Kraft bei 25 Liter (1000 rhn. Kubikzoll) Wasser in der Secunde, nach Pferdekräften . . . . 2,267 Pferdekr.
Bei 50 Liter (1 Kubikf. 1472 Kubikz.) 4,533 „
„ 75 „ 2 „ 1244 „ 6,8 „
„ 100 „ 3 „ 1216 „ 9,067 „
„ 150 „ 5 „ 960 „ 13,6 „
„ 200 „ 7 „ 704 „ 18,133 „

Mit diesen Datas haben wir die folgenden Tabellen berechnet, welche die Kraft darstellen, die das Rad durch verschiedene Wassermengen erhält.

Tabelle über die Kraft, welche dem Rade durch 25, 50 und 75 Liter Wasser in der Secunde mitgetheilt worden ist.

Geschwindigkeit des Rades in Metern in 1 Secunde.	25 Liter in 1 Sec. Gefälle = 6,8 Mtr. Kraft = 2,267 Pfrd.			50 Liter in 1 Sec. Gefälle = 6,8 Meter. Kraft = 4,533 Pferd.			75 Litr. in 1 Sec. Gefälle = 6,8 Mtr. Kraft = 6,8 Pferd.		
	Dem Rade ertheilte Kraft nach Pferden.	Dem Rade ertheilte Kraft nach Procenten.	Verlorne Kraft in Procenten.	Dem Rade ertheilte Kraft nach Pferden.	Dem Rade ertheilte Kraft nach Procenten.	Verlorne Kraft in Procenten.	Dem Rade ertheilte Kraft nach Pferden.	Dem Rade ertheilte Kraft nach Procenten.	Verlorne Kraft in Procenten.
	Pfrde			Pfrde.			Pfrde		
1/2	1,96	86	14	3,76	83	17	—	—	—
2/3	1,97	87	13	3,86	85	15	4,9	72	28
1	1,96	86	14	3,88	85	15	5,72	84	16
3/2	1,93	85	15	3,83	85	15	5,70	82	18
2	1,88	83	17	3,73	82	18	5,55	80	20
3	—	—	—	—	—	—	5,10	75	25

* Das Liter ist ein Hohlmaaß, dessen Seite ein Decimeter; da nun ein Decimeter ungefähr = 4 rhein. Zoll, so ist ein Liter = 64 Kubikzoll rhein.

Wir wollen jetzt diese Resultate untersuchen, die erlangt worden sind, ohne die lebendige Kraft zu berücksichtigen, welche das Rad durch den Impuls des Wassers erlangt, in dem Augenblick, in welchem es auf jenen fällt. Diese lebendige Kraft, die dem Rade noch einigen Vortheil gewährt haben würde, muß in diesem Fall nothwendig unberücksichtigt bleiben, weil, wenn sie in theoretischer Hinsicht wirklich einen merklichen Werth zu Gunsten des Rades hat, derselbe in der Praxis doch gänzlich unmerklich ist.

I. Bei nur 25 Liter (1600 Kubikzoll) in der Secunde verbraucht das Rad eine bedeutende Menge von der gegebenen Kraft, weil es bis 87 Procent davon erhält und nur 13 Procent verloren gehen. Die Geschwindigkeit, welche dieses Maximum der Wirkung hervorbringt, beträgt ⅔ Meter (25⅓ rhn. Zoll) in der Secunde, welche Geschwindigkeit für die Praxis freilich etwas gering ist; allein es ist leicht einzusehen, daß der Nutzeffect sich mit Zunahme der Geschwindigkeit nur sehr gering vermindert, weil bei einer Geschwindigkeit von 2 Meter in der Secunde die verlorne Kraft erst 17 und die dem Rade wirklich ertheilte Kraft 83 Procent beträgt. Bei einer Geschwindigkeit von 3 oder 4 Metern würde dagegen die verloren gehende Kraft bedeutend zu werden beginnen. Sie ist nicht berechnet, weil dieß bei einiger Richtigkeit schwierig gewesen sein, und weil das Rad alsdann auch eine weit größere Geschwindigkeit haben würde, als das in die Schaufeln fallende Wasser, hauptsächlich weil man, da dieselben alsdann nur 1 oder 2 Liter Wasser enthalten, genöthigt gewesen sein würde, eine unsichere Hypothese über den Augenblick zu machen, in welchem das Wasser die Schaufeln verläßt.

Die Vortheile, welche das beschriebene Rad in diesem Falle darbietet, rühren zuvörderst daher, daß die Schaufeln eine solche Einrichtung haben, das Wasser fast zu dem niedrigsten Punkte des Gefälles zu behalten, da sie nur eine geringe Neigung zur Peripherie haben; dann auch daher, daß das Rad im Verhältniß zu der Quantität des Aufschlagewassers eine sehr große Breite hat.

Hätte man ein Rad für 25 Liter Aufschlagewasser in der Secunde zu construiren, so müßte man, ehe man ihm die vorliegende Breite von 0,82 Met. ertheilt, ermitteln, was man verlieren würde, wenn man ihm eine geringere Breite gäbe, und man würde demnach finden, daß für 0,82 Met. Breite, mit ⅔ Met. Geschwindigkeit es eine Kraft haben würde von 1,97 Pferden, für 0,41 Met. Breite, mit derselben Geschwindigkeit eine Kraft von 1,94 Pferden und für 0,27 Met. Breite, mit derselben Geschwindigkeit eine Kraft von 1,90 Pferden.

Man würde alsdann ohne Zweifel nicht anstehen, ihm eine geringere Breite zu geben, z. B. eine von 27 bis 30 Centimeter (10⅓ bis 11½ Zoll), indem alsdann die Erbauungskosten bedeutend vermindert würden, ohne etwas mehr als einige Hunderttheile von einer Pferdekraft zu verlieren. Demnach würde man bei 25 Liter Aufschlagewasser in der Secunde wohl die beschriebene und abgebildete Construction des Rades annehmen können, allein man müßte demselben nur 27 bis 30 Centimeter Breite geben.

Jedoch müßte man die Breite nicht über diese Grenzen hinaus vermindern, weil alsdann das Wasser in einem

zu dicken Strahl in die Schaufeln gelangen würde, die darin enthaltene oder mit fortgerissene Luft sich nur schlecht entwickeln und durch ihr Aufsprudeln einen Theil von dem Wasser verspritzen könnte. Es würde nur zwei Mittel geben, diesen Nachtheil zu vermeiden: entweder die Neigung der Schaufeln zu vermehren, damit sie einen stärkern Wasserstrahl aufnehmen können, oder die Spannung zu vermehren, um die Dicke des Strahls zu vermindern. In beiden Fällen würde ein Kraftverlust stattfinden, ungefähr von $^1/_{10}$, wenn man die Spannung des Wassers vor dem Schütz von 0,20 Met. auf 0,80 erhöhen, und den Radius des Rades von 3,1 auf 2,8 Meter vermindern wollte.

Jedoch gehen wir in keine weitere Discussion über den Gegenstand ein, sondern nehmen an, daß das ganze Gefälle stets gleich sei, d. h. 6,8 Meter, und daß wir unter der, dem Rade mitgetheilten Kraft diejenige verstehen, welche das Rad wirklich von dem Wasser erhält und welche dazu benutzt wird, die Reibung des Rades in seinen Zapfen, die übrige Reibung und den Widerstand, welcher den Nutzeffect bildet, zu überwinden. Würde das Rad z. B. zur Wasserhebung angewendet, so würden wir nicht sagen können, daß 100 Kilogr. Aufschlagewasser 87 Kilogr. Wasser auf die Höhe des Gefälles erheben würde, denn die letztere Größe würde noch um die ganze Kraft vermindert werden, welche dazu erforderlich ist, die ganze Reibung des Mechanismus von dem Rade und die des Wassers in den Saug- und Steigeröhren zu überwinden.

II. Bei 50 Liter Aufschlagewasser in der Secunde ist das Verhältniß der von dem Rade des Herrn Hall angewendeten Kraft immer noch sehr bedeutend; sie beträgt 85 Procent bei Geschwindigkeiten von $^2/_3$, 1 und $1^1/_2$ Met. in der Secunde. Ist sie bei Geschwindigkeiten von $^1/_2$ und von 2 Meter in der Secunde geringer, so rührt dieß daher, daß in dem erstern Fall die Schaufeln zu voll sind und zu bald Wasser verlieren, und daß in dem zweiten das Wasser, indem es das Rad verläßt, eine ihm von dem Rade mitgetheilte Geschwindigkeit von 2 Met. hat, die ungenützt verloren geht. Diese Geschwindigkeit würde durch die Geschwindigkeit von 2 Met. des herbeiströmenden Aufschlagewassers ausgeglichen werden, wenn wir diese letztere bei dem Calcul nicht gänzlich hätten vernachläßigen müssen.

Um zu schätzen, was bei einer Verminderung der Breite des Rades verloren gehen würde, wenn man 50 Liter Aufschlagewasser in der Secunde hat, ist es hinreichend, zu bemerken, daß für 0,82 Met. Breite mit 1 Met. Geschwindigkeit, die Kraft 3,88 Pferde, bei 0,55 Met. Breite mit 1 Met. Geschwindigkeit, die Kraft 3,80 Pferde beträgt.

Daraus folgern wir, daß es bei 50 Liter Aufschlagewasser hinreichend sein würde, dem Rade eine Breite von ungefähr 55 bis 60 Centimeter (21 bis 23 rheinl. Zoll) zu geben; denn der Nachtheil dieser gegen die Breite von 82 Centim. beträgt nur $^1/_{10}$ Pferdekraft.

III. Bei 75 Liter Aufschlagewasser in der Secunde benutzt das Rad noch 84, 82 und 80 Procent von der Betriebskraft, bei Geschwindigkeiten von 1, $1^1/_2$ und 2 Metern; seine Nutzkraft beträgt alsdann $5^1/_2$ Pferdekräfte; allein bei einer Geschwindigkeit von $^2/_3$ Met. oder 2 Fuß in der Secunde beträgt der Effect nur 4,9 Pferdekräfte, weil alsdann die Schaufeln zu voll sind und das Wasser

zu bald verlieren. Es folgt daraus, daß man fast eine Pferdekraft oder ein Fünftel des Effects verlieren würde, wenn man durch eine schlechte Verbindung der Zahnräder genöthigt wäre, das Rad nur 2 Fuß in der Secunde zurücklegen zu lassen. Man sieht demnach, daß man den Grundsatz, daß bei gleichen Mengen Aufschlagewasser die Räder um so mehr leisten, je langsamer sie umgehen, nicht unbedachtsam annehmen darf, indem bei diesem Grundsatz vorausgesetzt werden muß, daß die Räder eine der Langsamkeit angemessene Breite haben. Wir haben aber schon weiter oben gesehen, daß es Gränzen der Breite giebt, über die hinaus kein merklicher Gewinn an Kraft, wohl aber eine Vermehrung des Gewichts und der Reibung, so wie eine Erhöhung der Constructionskosten statt findet.

Das beschriebene, zu Sèvres befindliche Rad scheint sehr zweckmäßige Dimensionen bei einer Aufschlagewassermenge von 75 Liter ($2^1/_4$ Kubikfuß) in der Secunde zu haben, und wir sind der Meinung, daß im Allgemeinen ein Rad dieser Art alle Vortheile gewährt, wenn seine in Centimetern ausgedrückte Breite die Litermenge des Aufschlagewassers in 1 Secunde wenigstens um ein Zehntel und höchstens um ein Fünftel übersteigt. Demnach müßte bei

25 Lit.	in 1 Sec.	die Breite	betragen	28	bis	30	Centim.
50 „	„ 1 „	„	„	55	„	60	„
75 „	„ 1 „	„	„	82	„	90	„

Diese Regel ist vielleicht nicht ohne Interesse für die Maschinenbauer, welche Gelegenheit haben, sie mit dem zu vergleichen, was die praktische Erfahrung sie gelehrt hat. Stets wird dabei angenommen, daß die Spannung des Wassers vor dem Schütz 20 bis 25 Centimeter (8 bis 10 Zoll) betrage, und wir sind der Meinung, daß es durchaus keinen Vortheil gewährt, diesen Druck oder diese Spannung zu vermindern, wohl aber, daß es bei hohen Gefällen vortheilhaft sei, sie zu vermehren.

Effect des Rades bei 100, 150 und 200 Liter in der Secunde. — Um die obigen Betrachtungen noch etwas weiter auszudehnen, ohne jedoch in eine zu lange Discussion einzugehen, wenden wir sie noch auf Aufschlagewassermengen von 100, 150 und 200 Liter in der Secunde an, und führen daher alle gewöhnlich vorkommenden Fälle als Beispiele auf, uns jedoch auf Gefälle von 6 bis 7 Met. (18 bis 22 Fuß) beschränkend.

I. Bei 100 Liter Aufschlagewasser in der Secunde würde, nach dem was weiter oben gesagt wurde, ein Rad von 82 Centim. Breite nicht mehr mit Vortheil angewendet werden können, weil der in die Schaufeln fallende Wasserstrom alsdann zu dick sein würde, durch die Luftentwickelung ein Sprudeln, und dadurch einen um so beträchtlichern Verlust zu veranlassen, da die Vertheilung des Wassers mit weniger Sorgfalt und Umsicht eingerichtet worden. Es giebt freilich keine absolute Unmöglichkeit, eine Art der Vertheilung des Wassers zu erfinden, welche allein diesem Nachtheil abzuhelfen vermag, wir sind selbst der Meinung, daß die Lösung dieser Aufgabe keine großen Schwierigkeiten darbietet; allein um innerhalb der Gränzen der bis jetzt bekannten Mittel zu bleiben, könnte man den Fehler nur auf dreierlei Weise verbessern: 1) durch Vermehrung der Neigung der Schaufeln; 2) durch eine größere Breite

derselben; 3) durch Verminderung des Durchmessers des Rades, um die Spannung des Wassers zu vermehren. Das erste von diesen Mitteln würde das unvortheilhafteste sein, und wir beschränken uns daher auf eine Vergleichung der beiden letztern.

Nach einer weiter oben gegebenen Regel würde das Rad bei einer Breite von 120 Centimet. (46 Zollen), d. h. bei einer der Litermenge des Aufschlagewassers gleichen und dann noch um ein Fünftel vermehrten Centimeterzahl sehr gut gehen, wenn der Durchmesser von 6,2 Met. beibehalten werden soll.

Will man aber die Breite beibehalten und den Durchmesser vermindern, indem man die Spannung des Wassers vor dem Schütz vermehrt, so müßte man dieselbe bis auf 46 Centimet. erhöhen, welches dem Wasser eine Geschwindigkeit von 3 Meter in der Secunde geben würde; alsdann würde der Durchmesser des Rades nur 5,94 Met. und der Halbmesser 2,97 Met. betragen.

Folgendes ist die vergleichende Tabelle der Kräfte, welche das Gefälle beiden Rädern mittheilen könnte.

Geschwindigkeit des Rades in Metern in 1 Secunde.	100 Liter in der Secunde. Ganzes Gefälle 6,8 Met. — Kraft 9,067 Pferde.					
	Rad von 1,20 Mt. Breite u. 6,20 M. innerm Durchmesser. Spannung von 0,20 M. vor dem Schütz.			Rad von 0,82 Mt. Breite u. 5,94 M. innerm Durchmesser. Spannung von 0,46 M. vor dem Schütz.		
	Dem Rade mitgetheilte Kraft in Pferden.	Dem Rade mitgetheilte Kraft in Procenten.	Verlorne Kraft in Procenten.	Dem Rade mitgetheilte Kraft in Pferden.	Dem Rade mitgetheilte Kraft in Procenten.	Verlorne Kraft in Procenten.
1 Meter.	7,65	84	16	6,21	68	32
$^3/_2$	7,57	84	16	7,18	79	21
2	7,37	82	18	7,03	78	22
3	6,80	75	25	6,43	70	30

Man sieht, daß der Unterschied der, beiden Rädern mitgetheilten Kräfte fast $1^1/_2$ Pferdekräfte bei einer Geschwindigkeit von 1 Meter beträgt, und daß es das breitere Rad ist, welches diesen Vortheil über dem schmälern erlangt; bei einer Geschwindigkeit von 2 Metern vermindert sich aber dieser Vortheil um $^1/_3$ Pferdekraft, und man kann selbst sagen um mehr, da die Gewichtsvermehrung einen noch höhern Verlust durch die Reibung veranlaßt. Demnach müßte man nach der Wirkungsart, die man hervorbringen will, der einen oder der andern Art von diesen Rädern den Vorzug geben. Verlangt man nur eine Geschwindigkeit von 1 Meter, so darf man nicht das enge Rad nehmen; will man aber, wie es häufig der Fall ist, eine Geschwindigkeit von 2 Meter haben, so muß man dagegen schmal geschaufelten Rädern von 82 Centim. Breite

und 5,94 Met. Durchmesser den Vorzug geben; sie kosten weit weniger als die breiten und leisten eben so viel.

II. Bei 150 Liter in der Secunde würde man offenbar den vorhergehenden proportionale Resultate haben, wenn man Räder annimmt, die verhältnißmäßige Breiten haben, wenn man dieselben Durchmesser und dieselben respectiven Spannungen des Aufschlagewassers beibehält. Man erhält daher folgende Tabelle:

Geschwindigkeit des Rades in Metern in 1 Secunde.	150 Liter in der Secunde. Gefälle 6,8 Meter. Kraft 13,15 Pferden.		Mehrkraft des Rades von 1,80 Meter gegen das von 1,23 Meter.
	Rad v. 1,80 Met. Breite, von 6,20 Met. Durchmesser. Spannung vor d. Schütz = 0,20 Meter.	Rad v. 2,64 Met. Breite, v. 5,94 Met. Durchmesser. Spannung vor d. Schütz = 0,46 Meter.	
	Dem Rade ertheilte Pferdekr.	Dem Rade ertheilte Pferdekr.	
1 Meter	11,47 Pferdekr.	9,37 Pferdekr.	2,10 Pf.kr.
$^3/_2$	11,37 "	10,77 "	0,60 "
2	11,07 "	10,55 "	0,52 "
3	10,20 "	9,65 "	0,55 "

Wir haben aus dieser Tabelle die Angabe der Procente der ertheilten Kraft, so wie die Angabe der Procente der verlornen Kraft weggelassen, weil sie dieselben als bei 100 Liter Aufschlagewasser sind; dagegen haben wir in der vierten Rubrik die in Pferdekräften ausgedrückte Mehrkraft des vortheilhaftern Rades, d. h. des von 1,80 Met. Schaufelbreite, mitgetheilt. Man sieht, daß diese Mehrkraft um die Hälfte höher ist, als die, welche den Rädern bei 100 Liter Aufschlagewasser zukommt; folglich würde man hier einen Verlust von mehr als zwei Pferdekräften haben, wenn man ein schmalgeschaufeltes Rad mit einer Geschwindigkeit von 1 Met. in der Secunde annehmen würde. Da man aber nur ein Drittel Pferdekraft verlieren würde, wenn man, wie vorher bei 100 Liter Aufschlagewasser, eine Geschwindigkeit von 2 Meter annähme, so verliert man hier ein Drittel und ein halbes Drittel, oder eine halbe Pferdekraft, gewinnt aber zu gleicher Zeit 0,57 oder etwas mehr als ein halbes Meter an der Breite des Rades. Dem Urtheil des Maschinenbauers bleibt es überlassen, welchem von den beiden Systemen nach der Beschaffenheit der Localität, bei der das Rad als bewegende Kraft angewendet werden soll, der Vorzug gegeben werden muß. Es ist oft sehr wesentlich, eine halbe Pferdekraft zu gewinnen, obgleich sie hier nur ein Zwanzigstel von der Nutzkraft beträgt.

III. Endlich würden auch bei einer Aufschlagewassermenge von 200 Liter in der Secunde die Resultate noch proportional sein, und man würde die folgende Tabelle haben:

Geschwindigkeit des Rades in Metern in einer Secunde.	200 Liter in der Secunde. Gefälle 6,8 Met. Kraft 18,134 Pferde. Rad v. 2,40 Met. Breite u. 6,20 Met. Durchmesser. Spannung vor d. Schütz = 0,20 Meter. Dem Rade ertheilte Pferdekr.	Rad v. 1,64 Met. Breite u. 5,94 Met. Durchmesser. Spannung vor d. Schütz = 0,46 Meter. Dem Rade ertheilte Pferdekr.	Mehrkraft des breiten Rades von 2,40 Meter über das schmale Rad von 1,64 Meter.
1 Meter.	15,30 Pferdekr.	12,42 Pferdekr.	2,88 Pf.-K.
$^{3}/_{2}$ „	15,14 „	14,36 „	0,78 „
2 „	14,74 „	14,06 „	9,68 „
3 „	13,60 „	12,86 „	0,74 „

Der Vortheil des breiten Rades über das schmale beträgt hier bei einer Geschwindigkeit von 1 Meter fast 3 Pferdekräfte; aber nur $^{2}/_{3}$ Pferdekräfte bei einer Geschwindigkeit von 2 Metern.

Wir vervollständigen die obigen Vergleichungen, indem wir die Resultate angeben, welche man für Aufschlagewasser von 100, 150 und 200 Liter erhalten würde, wenn man, statt den Druck zu vermehren, um die Dicke des auf das Rad gelangenden Strahls zu vermindern, man sich damit begnügte, den Schaufeln die gewöhnliche Schiefe von 33° zu geben, damit sich die Luft leichter entwickeln könnte. Wir nehmen an, daß ein solches Rad für die drei Fälle die Breite von 0,87 M., 1,23 M. und 1,04 M. und einen constanten Durchmesser von 6,2 Meter habe, weil die schiefe Stellung der Schaufeln den Zweck hat, die Spannung von 0,46 Met. zu ergänzen, die man dem einfallenden Strom ertheilen mußte, um seine Dicke zu vermindern, und wir vergleichen sie nur mit den drei correspondirenden Rädern von 0,87, 1,03 und 1,64 Meter Schaufelbreite, vor denen eine constante Spannung von 0,46 Meter stattfindet, und die einen gleichen Durchmesser von 5,94 Meter haben.

Folgendes sind die Resultate:

	bei 100 Liter.	150 Liter.	200 Liter.
Räder mit Schaufeln von 16°	7,18 Pferdekr.	10,77	14,36
Räder mit Schaufeln von 33°	6,50 „	9,75	13,00
Unterschiede:	0,68 „	1,02	1,36

Man ersieht daraus, daß es vortheilhaft ist, Räder mit Schaufeln von 16°, wie das oben beschriebene ist, anzuwenden, selbst wenn man seinen Durchmesser vermindert, um die Spannung des Aufschlagewassers vor dem Schütz zu erhöhen, statt Räder mit Schaufeln von 33° und mit dem ganzen Durchmesser, so wie ihn das Gefälle gestattet, anzuwenden. Dieser Vortheil beträgt mehr als $1^{1}/_{3}$ Pferdekraft bis zu einer Aufschlagewassermenge von 200 Litern in der Secunde. Uebrigens muß noch bemerkt werden, daß wir für das Rad mit einer Schaufelung von 33° eine sehr sorgfältige Construction angenommen haben, wie man sie gewöhnlich nicht findet. — Schließlich bemerken wir noch,

daß mit Hülfe der hier mitgetheilten Methode und der Beispiele, sie anzuwenden, Berechnungen für jedes Gefälle und für jede Menge von Aufschlagewassern leicht angestellt werden können.

Ehe wir jedoch die oberschlächtigen Räder verlassen, führen wir noch das Folgende aus Herrn Morin's (dessen treffliche Versuche über die Reibung wir schon weiter oben kennen lernten) Expériences sur les roues hydrauliques, Metz 1836 — und daraus im polytechn. Centralblatte 1837, Nro. 22 — an:

Aus den Versuchen mit vier oberschlächtigen Rädern, deren Durchmesser in den Grenzen von 9,1 bis 2,28 Meter liegen, folgt:

1) Wenn die Zellen oder Schaufeln nur zur Hälfte angefüllt werden, und die Umfangsgeschwindigkeit des Rades bei kleinen Rädern nicht über 2 Meter, bei großen nicht über 2,5 Meter in der Secunde beträgt, so wird der Nutzeffect bis auf $^{1}/_{20}$ genau durch die Formel angegeben:

$$Pv = 780 \; Qh + \frac{1000 \; Q}{g} (V \cdot \cos. \gamma - v) \, v,$$

wobei Q das Volum des Aufschlagewassers in der Secunde in Kubikmetern bedeutet, h die Höhe, in welcher der Wasserstrahl das Rad trifft (die Höhe des wasserhaltenden Bogens), V die Geschwindigkeit des Aufschlagewassers in dem Punkte, wo er das Rad trifft, γ der Winkel, den das einfallende Wasser mit der Tangente des Einfallspunktes macht; v die Geschwindigkeit des äußern Radumfanges; endlich g den doppelten Fallraum.

2) Man kann, ohne dadurch merklich den Nutzeffect zu verringern, das Aufschlagewasser um eine Höhe anspannen, welche sich nach dem Raddurchmesser, oder dem ganzen disponibeln Gefälle richtet, und kleinern Rädern eine Umfangsgeschwindigkeit von 0,2 M., größern eine von 0,25 M. geben.

3) Das Verhältniß der Umfangsgeschwindigkeit des Rades zur Geschwindigkeit des Aufschlagewassers kann bei großen Rädern in sehr weiten Grenzen schwanken, nämlich von 0,3 bis 0,8, bei kleinern Rädern jedoch besser nur in den Grenzen 0,4 bis 0,6. Diese Eigenschaft der oberschlächtigen Räder, mit so verschiedener Geschwindigkeit betrieben werden zu können, ohne daß dadurch der größte Effect merkich vermindert würde, ist von höchster Wichtigkeit und empfiehlt sie besonders für solche Maschinenanlagen, bei denen die Geschwindigkeit der ausgeübten Kraft bedeutende Veränderungen zu erfahren hat.

4) Der Wirkungsgrad liegt unter diesen Bedingungen zwischen 0,65 und 0,7.

5) Werden die Zellen oder Schaufeln über die Hälfte ihres Fassungsraumes angefüllt, und geht das Rad so schnell, daß es unter der vereinigten Wirkung der Schwere und der Centrifugalkraft bald zu gießen anfängt, so giebt die von Poncelet aufgestellte Formel für geschwind umgehende Räder mit der Beobachtung vollkommen gleiche Resultate.

Nach Poncelet findet man aber die Kraft eines Rades durch die Formel

$$Pv = \frac{1000 \; Q}{g} (V \; ccos. \; \gamma - v) \, v + \frac{nn}{60} (q' \, h' + S),$$

wobei die Buchstaben die frühere Bedeutung haben, außerdem aber n die Schaufelzahl des Rades bedeutet, u die Anzahl der Umdrehungen des Rades in 1 Minute, q' das Gewicht des in eine Zelle einströmenden Wassers, welches man durch die Formel $\frac{60000\ Q}{n\ u}$ findet; ferner h' den senkrechten Abstand des Punktes, wo das Wasser einfällt, von dem Punkte, wo das Rad in Folge der Centrifugalkraft zu gießen anfängt, S aber eine Größe bedeutet, welche auf folgende Art gefunden wird: Man theile die Höhe von dem Punkte, wo das Rad zu gießen anfängt, bis zum tiefsten Punkte des Rades (welcher hier h'' heißt) in vier oder sechs gleiche Theile, bezeichne die Punkte des Radumfanges, welche gleiche Höhe mit diesen Theilen haben, von oben herab mit den Zahlen 1, 2, 3 . . . u. s. w. und mit q1, q2, q3 . . . u. s. w. das Gewicht des Wassers, welches eine Schaufel noch enthält, wenn ihr äußerer Rand an die mit 1, 2 u. s. w. bezeichneten Punkte kommt (wobei der Effect der Centrifugalkraft eine bedeutende Abnahme des Wassers bewirkt, so daß das letzte oder die beiden letzten q = o sind), dann wird

$$S = \frac{h''}{12} [q' + 4 (q2 + q4) + 2 q 3 + q5]$$

wenn man die Höhe h'' in vier gleiche Theile theilte, oder

$$S = \frac{h''}{18} [q1 + (q2 + q4 + q6) + 2 (q3 + q5) + q7]$$

wenn man die Höhe h'' in sechs gleiche Theile theilte.

Herr Morin theilt auch die folgenden praktischen Regeln zur Construction von oberschlächtigen Rädern mit:

1) Wenn das Niveau des Aufschlagewassers nur wenig in seiner Höhe vermindert werden kann, so kann man die Schützöffnung so einrichten, daß, wenn der Schütz senkrecht steht, über der Sohle der Ausflußöffnung eine Wasserdruckhöhe sich vorfindet, die bei mittlerm Wasserstande beträgt: 0,5 M. (1,59') für ein Gesammtgefälle von 2,6 bis 3 M. (8,3 — 9,5'); 0,6 M. (1,91') für ein Gesammtgefälle von 3 bis 4 M. (9,5—12,7'); 0,7 M. (2,23') für ein Gesammtgefälle von 4 bis 6 M. (12,7—19,1'); 0,8 M. (2,54') für ein Gesammtgefälle von 6 bis 7 M. (19,1 bis 23,3') ꝛc., damit das Wasser ohne Schwierigkeit in die Radzellen einfalle.

2) Die Ausflußöffnung muß so eingerichtet werden, daß die Contraction unten und an den senkrechten Seitenwänden dadurch verhindert wird.

3) Die Oeffnung wird mit einem Gerinne versehen, dessen Länge so gering als möglich ist, und dessen Neigung nicht über 1/12 betragen darf. Zwischen dem tiefsten Punkte dieses Gerinnes und dem Rade bleibt ein Spielraum von 0,01 Met.

4) Wenn das Niveau des Aufschlagewassers entweder während der Arbeit oder zu bestimmten Jahreszeiten bedeutende Veränderungen erfährt, so muß man die Beaufschlagung so einrichten, daß das Rad bei allen vorkommenden Wasserständen das Aufschlagewasser gut aufnehmen kann. Dasselbe tritt dann ein, wenn das Rad sich in derselben Richtung bewegt, in welcher das Gerinne das Rad trifft; dann muß das Wasser im Aufschlagepunkte 3 M. (9,5') Geschwindigkeit haben, oder dieser Punkt 0,46 M. (1,46') unter dem Niveau des Aufschlagewassers liegen.

5) Die Geschwindigkeit des Rades muß mit der des Wassers und mit der Gestalt der Schaufeln in solchen Zusammenhang gebracht werden, daß das Wasser bei seinem Eintritt in die Zelle keinen Stoß gegen die äußere Schaufelfläche ausübt, und dieß wird dann erreicht werden, wenn die Geschwindigkeit des einfallenden Wassers die Diagonale eines Parallelogramms bildet, welches die innere Schaufellinie und die Geschwindigkeit des Rades zu Seiten hat.

6) Die Geschwindigkeit des Rades, welche zur Bestimmung der vorhergehenden Bedingungen benutzt wird, kann für kleine Räder 2 M. (6,3'), für große 2,5 M. (7,9') in der Secunde betragen.

7) Der Fassungsraum der Zellen muß so bestimmt werden, daß sie nur halb gefüllt werden.

8) Die Entfernung der Schaufeln am Umfange des Rades beträgt 0,3—0,4 M. oder 0,95—1,27 Fuß.

Aus dem über die oberschlächtigen Wasserräder Gesagten können wir leicht die Wirkung des Wassers bei mittelschlächtigen Wasserrädern (breast Wheels, engl., Roues à coté, franz.) ableiten. Im Allgemeinen sind aber alle Arten von Rädern, bei denen das Wasser nicht durch einen gegebenen Raum herabfallen kann, ohne daß sich das Rad nicht mit ihm bewegt, als oberschlächtige Räder zu betrachten; solche aber, die den Impuls oder Stoß von dem Wasser in einer horizontalen, schiefen oder senkrechten Richtung erhalten, sind als unterschlächtige Räder anzusehen. Demnach wird die Wirkung eines Rades (eines mittelschlächtigen), gegen welches das Wasser an einem gewissen Punkte unter der Oberfläche des Oberwassers stößt, in einem Kreisbogen niedergeht, und mittelst seiner Schwere auf das Rad drückt, gleich der eines unterschlächtigen Rades, dessen Oberwasser gleich der Verschiedenheit des Niveaus von diesem und dem Punkte ist, an welchem es gegen das Rad stößt, so wie gleich der eines oberschlächtigen Rades sein, dessen Höhe gleich der Verschiedenheit des Niveaus zwischen dem Punkt, wo das Wasser auf das Rad fällt, und dem Niveau des Oberwassers ist.

Herr Morin (a. a. O.) hat auch sehr genaue Versuche an mittelschlächtigen Rädern unternommen, von denen wir hier Einiges mittheilen. Die Räder, an denen er diese Versuche anstellte, bewegen sich, wie Fig. 4 und 5, Taf. VIII. zeigt, in einem gebogenen Gerinne, und nehmen das Wasser in einer Höhe zwischen dem tiefsten Punkte und dem horizontalen Halbmesser auf, weshalb sie auch Kropfräder genannt werden. Die Construction dieser Räder stimmt im Allgemeinen mit der der genannten Figur überein.

Aus den gemachten Beobachtungen folgert Herr Morin:

1) Berechnet man die theoretische Wirkung nach der Formel

$$Pr = 1000\ Q \left[h + \frac{(V \cos.\ \gamma - v)\ v}{g}\right]$$

bei welcher die Buchstaben die weiter oben, bei den oberschlächtigen Rädern angegebene Bedeutung haben, so giebt

der beobachtete Nutzeffect im Durchschnitt 0,755 und man erhält folglich den Nutzeffect von Wasserrädern mit ebenen Schaufeln, welche auf einen größern oder kleinern Theil des gesammten Gefälles in ein dicht verschließendes Kropfgerinne eingeschlossen sind, und mit einem Spannschütz so beaufschlagt werden, daß über die Ausflußöffnung noch ein Druck des aufgestauten Wassers wirkt, bis auf $^1/_{20}$ genau durch die Formel

$$P v = 755\ Q \left[h + \frac{(V \cos. \gamma - v)\ v}{g}\right].$$

2) Berechnet man bei Rädern ohne Spannschütz, wo das Gerinne so nahe als möglich an das Gerinne herangeführt wird, den theoretischen Effect, so ist sein Verhältniß zum Nutzeffect, den die Beobachtung ergab, oder der Wirkungsgrad im Mittel 0,799 und daher die Formel zur Berechnung

$$P v = 799\ Q \left[h + \frac{(V \cos. \gamma - v)\ v}{g}\right],$$

woraus sich ergiebt, daß die letztere Beaufschlagung Vorzüge vor der erstern hat.

Dieser Vorzug fällt aber noch mehr in die Augen, wenn man die Wirkungsgrade bei verschiedenen Einrichtungen aus den Versuchen vergleicht; dieser Wirkungsgrad ist nämlich 0,40, wenn die Druckhöhe des angestauten Wassers $^2/_3$ bis $^3/_4$ von dem gesammten Gefälle beträgt; er wächst in dem Verhältniß, wie sich dieser Bruch verkleinert, ist 0,55, wenn diese Druckhöhe $^1/_4$ des gesammten Gefälles ist, und erreicht endlich den Werth von 0,75, wenn der Spannschütz ganz wegfällt und das Wasser in Strahlen von 0,2 Met. bis 0,25 Met. auf das Rad fällt.

Ferner zeigen die Versuche, daß die Räder ohne Spannschütz mit ziemlich bedeutenden und von einander sehr abweichenden Geschwindigkeiten umlaufen können, ohne daß der Nutzeffect merklich hinter seinem größten Betrage zurückbleibt; dieß ist unter vielen Umständen sehr nützlich, und empfiehlt die Räder namentlich zu industrieller Anwendung, wo während einer und derselben Arbeit die Geschwindigkeit oft nicht gleich bleiben kann. Es beruht diese Eigenschaft der so beaufschlagten Räder darauf, daß das Geschwindigkeitsgefälle ein geringer Theil des gesammten Gefälles ist, und sie zeigt zugleich, daß man nicht mit allzugroßer Sorgfalt die Wirkungen eines auf die Schaufeln statthabenden Stoßes zu vermeiden habe.

Praktische Regeln beim Bau der Kropfräder mit ebenen Schaufeln, die in einem dicht anschließenden Kropfgerinne laufen:

1) Die Beaufschlagung muß immer durch ein bloßes Fluder ohne Spannschütz geschehen; das Fluder wird 0,2 bis 0,25 M. (0,63′—0,79′ preuß.) unter das Niveau des Aufschlagewassergerinnes niedergezogen.

2) Die Geschwindigkeit des Rades kann ohne Schaden 1,5 und 1,8 M. (4,7′—5,7′) in der Secunde erreichen, und selbst 2 Met. (6,3′), wenn das Fluder etwas tiefer niedergezogen ist.

3) Der Fassungsraum zwischen zwei Radschaufeln muß doppelt so groß sein, als das Wasservolum, welches er aufnehmen soll, wodurch sich die Radweite berechnen läßt.

4) Die Dimensionen der Schaufeln und ihre Zahl werden durch die Bedingung bestimmt, daß ihre Entfernung an dem äußeren Umfange und ihre Breite zwischen 0,3 und 0,4 M. (0,95′—1,27′) betragen; die erste Grenze, wenn die Neigung des Fluders 0,2 M. und die letzte Grenze, wenn die Neigung desselben 0,3 Met. beträgt.

5) Die Schaufeln können in der Richtung der Radien stehen, ohne daß man den Stoß des Wassers auf ihre Fläche sorgfältig zu vermindern hätte, da man doch immer beim Aufschlag etwas an Bewegkraft verliert, was unter Beobachtung der vorigen Regeln jedoch möglichst klein ist.

Der Spielraum zwischen Rad und Gerinne darf übrigens nur einige Millimeter betragen. Die Radhöhe übt keinen directen Einfluß auf den Nutzeffect, und kann daher unter der Voraussetzung, daß sie nur nicht kleiner ist, als das doppelte Gefälle, nach besondern Umständen bestimmt werden, ohne dabei zu große Dimensionen zu wählen, durch welche eine zu große Zapfenreibung bewirkt wird.

Unterschlächtige Wasserräder (undershot Wheels, engl.) sind, wie schon bemerkt, solche, bei denen das Wasser bloß durch seinen Stoß wirkt. Es giebt folgende Arten derselben:

1) Strauberräder, Fig. 6 und 7, Taf. VIII, welche blos einen oder zwei Kränze haben, auf denen die Schaufeln zu beiden Seiten vorstehend aufsitzen. Diese Räder werden gewöhnlich dann angewendet, wenn die Geschwindigkeit des Wassers sehr bedeutend, und dagegen der Zufluß desselben nur gering ist.

2) Staberräder bestehen aus zwei Kränzen, zwischen welche die Schaufeln eingesetzt werden, ohne über die Kränze hinauszustehen, ähnlich dem mittelschlächtigen Rade Fig. 4 und 5, Taf. VIII., nur daß sie keinen Boden haben. Diese Räder werden da angewendet, wo die zu verrichtende Arbeit eine größere Kraft, demnach eine größere Schaufelfläche und überhaupt ein stärkeres Rad erfordert.

3) Pansterräder erhalten weit größere Schaufeln, welche deshalb nicht blos in die Kränze am Umfange des Rades eingesetzt, sondern noch ein- oder zweimal unter sich verbunden oder verriegelt werden. Pansterräder werden dann gebraucht, wenn die Geschwindigkeit des Wassers gering ist, und man demnach durch eine größere Fläche der Schaufeln die größere Kraft zu bewirken genöthigt wird. Pansterräder sind häufig so eingerichtet, daß ihre beweglichen Axenlager bei höherm Wasserstande gehoben werden, um sie auch bei großem Wasser benutzen zu können. Das Aufziehen geschieht entweder durch Schrauben (Zugpanster) oder Hebel (Stockpanster). Mit einem solchen Pansterrad ist zuweilen ein Schwimmgerinne verbunden, welches mit dem Rade zugleich in die Höhe gezogen wird, um den Abfluß des Wassers unter dem Rade zu verhindern.

Man pflegt den unterschlächtigen Rädern, so oft es das Gefälle zuläßt, einen Kropf zu geben, in welchem Falle dieselben ebenfalls Kropfräder genannt werden. Endlich werden unter- und mittelschlächtige Räder fast immer in ein Gerinne gestellt, welches gewöhnlich aus zwei hölzernen, mit einem Boden versehenen Wänden besteht und dazu dient, das Wasser zusammen zu halten und mit möglichst kleinem Verluste auf das Rad zu führen.

Die Theorie der unterschlächtigen Räder ist sehr verschiedenartig dargestellt worden und hat Veranlassung zu

sehr viel Versuchen und Discussionen gegeben. Die Theorie beruht auf dem Grundsatze, daß, wenn eine Fläche von fließendem Wasser gestoßen wird, dasselbe auf jene einen Druck ausübt, der sich immer durch ein Gewicht messen läßt, welches diese Fläche nach entgegengesetzter Richtung ziehen, oder im Gleichgewicht erhalten kann.

De Parcieu und Bossut haben Untersuchungen über den zweckmäßigsten Winkel angestellt, unter welchem die Schaufeln zu dem Halbmesser des Rades befestigt werden, um die beste Wirkung hervorzubringen. Beide kommen darin überein, daß es mit einem merklichen Vortheil verbunden sei, die Schaufeln zu dem Halbmesser des Rades unter einem Winkel von ungefähr 20° zu neigen, so daß, wenn jede Schaufel den niedrigsten Stand erreicht hat, sie nicht senkrecht, sondern unter dem obigen Winkel gegen den Strom zu geneigt ist. Dieser Neigungswinkel soll die Veranlassung geben, daß sich das Wasser längs den Schaufeln anhäuft, um gewissermaßen durch sein Gewicht zu wirken, und man hat es aus dem Grunde empfohlen, die Schaufeln höher zu machen, als der von ihnen unterbrochene Wasserstrahl tief ist. Diese geneigt gestellten Schaufeln werden häufig, jedoch nicht allgemein angewendet, und im Allgemeinen mögen ihre Vortheile auch wohl nicht so groß sein, als ihre ersten Erfinder behaupteten.

Auch die unterschlächtigen Wasserräder werden jetzt häufig von Eisen construirt, nur die Schaufeln bestehen gewöhnlich aus Holz. Es werden nämlich, wie bei den oberschlächtigen Rädern, die beiden Kränze, jeder aus dem Ganzen gegossen oder aus einzelnen Theilen zusammengesetzt. An der Peripherie dieser Kränze sind, in gewissen Entfernungen von einander, Löcher vorhanden, in denen starke Stücken von festem Holz (Ulmen, Eichen 2c.) befestigt sind. Mittelst der Arme werden nun die Kränze auf der Welle befestigt, die Schaufeln aber werden mittelst Bolzen und Schrauben mit den genannten Stücken Holz verbunden und stehen auf jeder Seite ungefähr um ein Achtel ihrer Länge über die äußere Breite der Kränze hervor, wie die Abbildung des Strauberrades, Fig. 6 und 7, Taf. VIII, zeigt. Bei den Staber- und den Pansterrädern werden die Schaufeln, wie bei den oberschlächtigen Rädern, zwischen den Kränzen befestigt.

Die Construction der mittelschlächtigen Räder, Fig. 4 und 5, Taf. VIII, ist von den unterschlächtigen darin verschieden, daß sie einen Boden haben. Die Abbildung macht übrigens ihre Einrichtung hinlänglich deutlich.

Wirkung der unterschlächtigen Räder. — Die große Frage über die beste Wirkung unterschlächtiger Räder ist immer das Verhältniß gewesen, welches zwischen der Geschwindigkeit des Rades und der des Wassers stattfinden muß. Die Herren Smeaton, Bossut und v. Gerstner, der Aeltere, haben zahlreiche Versuche über den Gegenstand angestellt und viele Formeln darüber entwickelt. Es würde zu weit führen und ganz gegen den Zweck des Werks sein, sie hier mitzutheilen, weshalb wir uns darauf beschränken, die hauptsächlichsten Resultate, besonders der Smeaton'schen Versuche hier aufzuführen.

Zuvörderst muß bemerkt werden, daß zur Berechnung der Wirkungen der Wasserräder man nothwendig die wirkliche Geschwindigkeit des gegen das Rad stoßenden, die Menge des in einer gewissen Zeit auf dasselbe strömenden

Wassers und die Größe der Kraft kennen muß, welche durch die Reibung verloren wird. Diese Bestimmungen können auf folgende Weise gemacht werden. Um die Kraft eines mäßigen Wasserstroms kennen zu lernen, muß man ihn durch einen quer durchgeführten Damm aufstauen und alles Wasser nöthigen, durch ein offenes Gerinne in ein quadratisches Gefäß oder Reservoir zu laufen; man muß ferner die Menge des in dieses Gefäß in einer gewissen Zeit, z. B. in einer Secunde oder Minute, einlaufenden Wassers messen. Multiplicirt man nun diese Menge mit der Anzahl der Secunden oder Minuten in einer Stunde, so kann man den ganzen Stoß eines solchen Wasserstroms von irgend einer gegebenen Höhe und von mittlerer Breite leicht bestimmen. In Flüssen, die zu breit sind, um auf diese Weise gemessen zu werden, kann man die Kraft, oder den Stoß auf folgende Weise berechnen. Man befestige in dem Fluß ein langes, länglich viereckiges und im Querschnitt quadratisches Gefäß, das eine Ende dem Strom zugekehrt und die obere Kante etwas über der Oberfläche des Flusses liegend, damit kein Wasser über dieselbe hinein fließen kann. In dem, dem Ende zugekehrten Ende des Gefäßes ist ein langes, oben offenes, hölzernes Gerinne befestigt, dessen obere Kanten in einem Niveau mit der Oberfläche des Flusses liegen, und welches gleichen Fall mit dem Fluß hat. Das Wasser hat nun natürlich dieselbe Geschwindigkeit in dem Gerinne wie in dem Flusse. Mißt man daher die Menge des, durch das Gerinne in einer gegebenen Zeit, z. B. in einer Minute, in das Gefäß laufenden Wassers und multiplicirt dieselbe mit den Minuten einer Stunde, so kann die ganze Kraft, oder der Stoß des Flusses in irgend einer gegebenen Höhe und bekannter Breite bestimmt werden.

Smeaton hat auch Tabellen über die Geschwindigkeiten eines Rades für verschiedene Höhen des Wassers aufgestellt, und macht von dem Ganzen die nachstehenden Folgerungen:

1) Bei gleicher wirkender Kraft, oder was dasselbe ist, Geschwindigkeit, wird sich die Wirkung fast eben so wie die Menge des benutzten Wassers verhalten.

2) Bei gleichem herbeifließenden oder zu benutzenden Wasser wird sich die Wirkung fast wie die Höhe der Betriebskraft verhalten.

3) Bei gleicher Menge des herbeifließenden Wassers wird sich die Wirkung fast wie das Quadrat der Geschwindigkeit verhalten.

4) Bei gleicher Weite des Gerinnes wird sich die Wirkung fast wie die Kubikzahl der Geschwindigkeit des Wassers verhalten. Wenn das Wasser daher durch eine Oeffnung von gleichem Querschnitt, jedoch mit verschiedenen Geschwindigkeiten geht, so wird die herbeifließende Menge der Geschwindigkeit proportional sein, und ist daher dieß letztere nicht der Fall, so ist der Querschnitt des Wassers nicht derselbe.

5) Die wirksame Kraft, oder die, deren Nutzeffect wir berechnen sollen, steht in keinem Verhältniß zu der Kraft des Wassers; wenn aber die Oeffnung größer, oder die Geschwindigkeit des Wassers geringer ist, so nähern sie sich einander und fallen zusammen, und folglich stimmen in den weiten Oeffnungen der Schleusen oder Schützen von Mühlen und andern Maschinen, durch welche große Was-

sermengen mit mäßigem Gefälle abfließen, die Kraft des Wassers und die wirksame Kraft, welche durch die Geschwindigkeit bestimmt worden, nahe überein. Es ist dieß auch durch die Erfahrung bestätigt.

6) Das allgemeinste Verhältniß zwischen der Kraft und der Wirkung oder dem Nutzeffect ist das von 10 zu 3; die äußersten Punkte dabei sind 10 zu 3,2 und 10 zu 2,8. Es muß aber bemerkt werden, daß wenn die Kraft am größten, das zweite Glied des Verhältnisses auch am größten ist. Wir können daher bei großen Werken das Verhältniß der Kraft zum Effect wie 3 zu 1 annehmen.

7) Das Verhältniß der Geschwindigkeit zwischen dem Wasser und dem Rade ist im Allgemeinen wie 5 zu 2.

8) Es findet kein gewisses Verhältniß zwischen dem Maximum der Belastung, die ein Rad zu überwinden im Stande ist, und derjenigen statt, welche es gänzlich aufhalten wird, obwohl die Verhältnisse innerhalb der Grenzen von 20 zu 10 und von 20 zu 15 enthalten sind. Da sich aber die Wirkung am meisten dem Verhältniß von 20 zu 15, oder von 4 zu 3 nähert, wenn die Kraft entweder durch Zunahme der Geschwindigkeit oder der Wassermenge am größten ist, so scheint ein solches Verhältniß am anwendbarsten bei großen Werken zu sein. Da aber die Belastung, welche ein Rad haben muß, um am vortheilhaftesten zu arbeiten, dadurch bestimmt werden kann, daß man seinen Nutzeffect und die Geschwindigkeit, mit welcher derselbe bewirkt wird, kennt, so ist die genaue Kenntniß der größten Belastung keine praktisch wichtige Sache.

Beschreibung der Figuren auf Tafel VIII. Fig. 1 und 2 sind eine vordere und eine Seitenansicht von einem eisernen oberschlächtigen Wasserrade; in Fig. 1, h, h, ist das Gerinne (Pentrough, engl.) zur Herbeileitung des Aufschlagewassers dargestellt; s ist die Schütze (Shuttle, engl.) zur Regulirung des Aufschlagewassers, welche mittelst des Hebels l und der Schraube m rück- und vorwärts gezogen werden kann. Fig. 2, bb, ist das Hauptwinkelrad, welches die Maschinerie treibt; Fig. 3, zeigt einen Durchschnitt der Zellen, nach vergrößertem Maaßstabe, wovon weiter oben schon die specielle Beschreibung gegeben wurde.

Fig. 4 und 5 sind der Grund- und der Aufriß eines eisernen mittelschlächtigen Rades; s ist die Schleuse oder Schütze (Sluice, engl.), die sich in den Wänden des Kanals und mittelst einer Zahnstange r und eines Getriebes p, das mit der Kurbel h verbunden ist, auf und nieder bewegt. Die Kurbel, Fig. 4, befindet sich im Innern des Maschinengebäudes. Auf derselben Figur ist auch das Hauptzahnrad ww dargestellt, welches die Maschinerie betreibt.

Fig. 6 und 7, sind der Auf- und Grundriß eines unterschlächtigen Rades (sogen. Straubertades) dargestellt, dessen Kränze ebenfalls aus Gußeisen bestehen. s, s ist die Schütze (Penstock, engl.), welche durch die Zahnstange s, in die das Getriebe h greift, und welche durch die Rolle h' in ihrer Lage erhalten, gehoben und gesenkt wird. ww ist das Hauptstirnrad und b das Zapfenlager der gänzlich gußeisernen Welle.

Wir haben uns hier nur auf eine Beschreibung solcher Räder beschränken können, die im allgemeinern Gebrauch sind; es sind viele andere Arten vorgeschlagen und hin und wieder auch ausgeführt worden. Wir wollen nur kurz der

Versuche erwähnen, die gemacht worden sind, um die Räder so zu construiren, daß die Schaufeln stets eine senkrechte Richtung behalten, um den Verlust an Nutzeffect zu vermindern, der durch Reaction des Wassers an der emporsteigenden Seite des Rades, oder durch das sogen. Hinterwasser, veranlaßt wird. Besonders viele Versuche dieser Art sind in Beziehung auf die Schaufelräder der Dampfschiffe gemachte worden; allein im Allgemeinen haben sie den Zweck verfehlt, weil so viele bewegende Theile erforderlich sind, welche nicht unbedeutende Kosten veranlassen und der, allen Wasserrädern so wesentlichen Festigkeit und Stärke nachtheilig sind.

Von den verschiedenen Arten, den Rädern das Aufschlagewasser zuzuführen. — Auf Tafel VIII und IX, welche die Gestalt und die Wirkung der Wasserräder erläutern, sind auch die Gerinne und Schützen mit hinlänglicher Deutlichkeit dargestellt worden, um unsern Lesern einen allgemeinen Begriff von den Mitteln zu geben, den Rädern die Aufschlagewasser zuzuführen und deren Zufluß zu reguliren. Dieß ist übrigens eine Sache von solcher Wichtigkeit, daß wir noch einmal darauf zurückkommen und eine eigenthümliche Art von Gerinne beschreiben, welches in einigen Gegenden Englands, bei den sogen. rückenschlächtigen Rädern, ziemlich allgemein angewendet wird und in Fig. 6, Taf. VII, dargestellt ist. Das Wasser wird hier etwas unter dem obersten Punkt des Rades eingeführt; jedoch kann diese Höhe nach den Umständen verändert werden. Bei den meisten andern Methoden muß das Rad, wenn das Wasser, wie dieß gewöhnlich der Fall ist, Veränderungen in der Höhe unterworfen ist, nach dem niedrigsten Stande eingerichtet werden, welches ohne Frage ein Nachtheil ist, wogegen bei der vorliegenden Vorrichtung der Wasserstand sich noch so sehr verändern mag und dennoch der ganze Nutzeffect des Wassers erlangt wird.

AA, ist das aus Gußeisen bestehende Gerinne, dessen Ende aus einem Gitter von breiten Eisenstäben besteht; dieselben haben eine eigenthümliche Richtung, damit das Wasser durch dieselben in die Zellen des Rades fallen kann. Die Zwischenräume zwischen den Stäben können durch eine große lederne Schütze verschlossen werden, welche bei a an dem Boden des Gerinnes befestigt ist und mittelst des Drucks von dem Wasser fest an den Stäben erhalten wird, so daß kein Wasser durchsickern kann. Durch Oeffnen des Leders gelangt das Wasser auf das Rad. Die obere Kante des Leders ist um eine dünne Rolle b gewickelt, deren Axen an beiden Enden von dem untern Ende zweier Zahnstangen aufgenommen worden sind, welche durch zwei, an einer gemeinschaftlichen und quer über das Gerinne gehenden Welle befindliche Getriebe auf und nieder gehen und daher auch die Rolle b heben und senken. Geht diese Rolle nun niederwärts, so wickelt sich die lederne Schütze auf dieselbe auf; geht sie aber in die Höhe, so wickelt sich das Leder ab. Damit nun die Rolle das Leder aufnimmt und es straff erhält, ist um die Enden derselben und da, wo die lederne Schütze zu Ende ist, ein lederner Riemen gewickelt. Ueber dem Wasser gehen diese Riemen über ein Rad, und wickeln sich um dasselbe mit einer bedeutenden Spannung, welche mittelst eines Bandes und eines daran hängenden Gewichts, wie die Figur deutlich zeigt, hervorgebracht wird.

Das Wasser fällt über die Rolle mit dem Leder durch die Zwischenräume der Stäbe des Gitters in die Zellen und bewegt auf diese Weise das rückenschlächtige Rad. Die Geschwindigkeit des Wassers ist hinreichend groß.

Literatur der Wasserräder: Außer den schon im Verlauf des Capitels genannten Werken und Zeitschriften: v. Gerstner's Handbuch der Mechanik. 2. Bd. (Prag, 1832), S. 342 rc. Prof. Burg über die überschlächtigen Wasserräder in den Jahrbüchern des polytechn. Instituts zu Wien, Bd. IV, S. 198 rc. Derselbe über die unter- und mittelschlächtigen Räder, daselbst Bd. VI, S. 204 rc. *Leblanc*, Recueil des Machines, Instrumens et Appareils, Tome I, pl. 49, mittelschlächtiges Wasserrad (Kropfrad) zum Betriebe einer Getreidemühle zu St. Denis. Tome II, pl. 57—59, eisernes Wasserrad mit gekrümmten Schaufeln (sogen. Poncelet'sches), ausgeführt zu Gnérigny, zum Betriebe eines Walzenwerks. Egen, Untersuchungen über den Effect einiger in Rheinland-Westphalen bestehender Wasserwerke. Berlin, 1831.

Ganz abweichend von den bisher beschriebenen sind die horizontalen Wasserräder (Kreiselräder, Reactions- oder Segner'sche Räder, Turbines hydrauliques, franz., Barker's mill's, engl.). Sie wurden schon seit undenklichen Zeiten im südlichen Frankreich und in Italien angewendet, allein ihre Wirkungen waren unbedeutend. Neuerlich hat der Franzose Burdin eine sehr verbesserte Art derselben angegeben, und Fourneyron hat sie noch mehr vervollkommnet und mehre bedeutende Kreiselräder in Frankreich ausgeführt. Auch in Amerika findet man sie in vielfältiger Anwendung, und selbst unter Wasser getaucht, sollen sie zufriedenstellende Resultate geben. Auch die preuß. Regierung hat neuerlich dem recht wichtigen Umstande ihre Aufmerksamkeit geschenkt, und so dürfen wir dann hoffen, recht bald die genauesten Vorschriften über die bestmögliche Construction der Kreiselräder zu erhalten. Hier beschränken wir uns nur auf die Mittheilung einer gedrängten Beschreibung der verbesserten Art der Maschine, welche wir aus dem polyt. Centralblatt 1836, Nro. 43 und 1837, Nro. 44 entnehmen, und verweisen unten auf das neuerlich über dieselben Bekanntgewordene.

Das den Kreiselrädern zu Grunde liegende Prinzip ist folgendes: Wenn sich in einem von allen Seiten verschlossenen Gefäße Wasser befindet, so drückt es auf die Wandfläche des Gefäßes und zwar auf die Punkte, welche tiefer unter dem Wasserspiegel liegen, stärker als auf die höher liegenden; die Pressungen, welche zwei gleich große Flächentheile in verschiedenen Tiefen unter dem Wasserspiegel erleiden, verhalten sich wie die Quadratwurzeln aus den zugehörigen Abständen des Wasserspiegels, d. h. wie die Quadratwurzeln aus den Druckhöhen. Sobald nun an irgend einer Stelle eine Oeffnung in der Wandfläche des Gefäßes ist, so wird durch dieselbe das Wasser mit einer Geschwindigkeit ausfließen, welche der früher an dieser Stelle stattgefundenen Pressung proportional sein, d. h. im Verhältniß der Quadratwurzel aus der Druckhöhe stehen wird. Befände sich nun vor der Ausflußöffnung ein Hinderniß, z. B. eine schief gestellte Platte, so würde der ausströmende Wasserstrahl, vermöge der von seiner Geschwindigkeit abhängenden Bewegkraft, dasselbe wegzudrängen versuchen, und wenn der Widerstand desselben kleiner, als die Bewegkraft des Wassers ist, auch wirklich zur Seite drängen. Soll nun auf solche Art eine stetige Bewegung entstehen, so müssen die Bedingungen so gewählt werden, daß an recht vielen Punkten gleichzeitig ein solches Hinderniß weggedrängt wird, und daß die Einwirkung des Triebwassers immer fortdauert. Dieß führt endlich dazu, daß man das Gefäß, welches das Triebwasser faßt, cylindrisch macht, ihm am Boden einen horizontal herumgehenden Schlitz giebt, und außerhalb des letztern ein bewegliches ringförmiges Gefäß anbringt, in welchem senkrecht stehende, gegen das ausströmende Wasser dagegen schief liegende Platten den Stoß und Druck des Wassers aufnehmen, um dadurch die Umdrehung dieses Gefäßes, Rades, zu bewirken.

In Fig. 7, Taf. VII., welche das Kreiselrad im Durchschnitt darstellt, ist VWXY das Aufschlaggerinne, von dessen Boden VW die büchsenförmige Fortsetzung RS geht; unter demselben befindet sich in einiger Entfernung, so daß eine horizontale, überall gleich hohe Spalte gebildet wird, der Boden LM, an der senkrechten Röhre oder Welle NO befestigt, welche oberhalb von zwei horizontal liegenden Balken gehalten wird. Außerhalb der vorher erwähnten Spalte liegt das ringförmige Gefäß oder Rad DEFG, welches zwischen den beiden horizontal liegenden Platten DE und FG die Schaufeln HK hat, und dessen Bodenplatte DE durch Arme mit der stehenden Welle AB fest verbunden ist; letztere Welle ruht bei B auf einem Zapfen, geht durch die senkrechte Röhre NO, und pflanzt oberhalb die vom Rade empfangene Bewegung weiter fort.

Den größtmöglichen Nutzen wird man bei dieser Maschine vom Triebwasser dann ziehen, wenn man den Druck des ausströmenden Wassers gegen die schief gestellten Schaufeln wo möglich ganz zur Umdrehung des Rades benutzt, und Zerlegungen desselben nach andern Richtungen vermeidet, so wie, wenn man das Wasser erst dann vom Umfange des Rades ausfließen läßt, wenn es keine Druckkraft oder keine Geschwindigkeit mehr hat, wo dann natürlich alle Triebkraft dem Rade mitgetheilt ist. Um sich diesen Bedingungen möglichst zu nähern, werden nicht nur die Schaufeln, wie es Fig. 8 zeigt, nach einer krummen Linie construirt, sondern auch die feststehende Bodenplatte LM mit Leitcurven versehen, durch deren Form die Richtung bestimmt wird, in welcher das Triebwasser zuerst die Schaufeln des beweglichen Rades trifft. C ist ein Durchschnitt der Welle, auf welche das äußere bewegliche Rad die Kraft fortpflanzt; AH ist eine Schaufel in letzterm, AD dagegen eine von den feststehenden Leitcurven.

Würde die horizontal umlaufende Oeffnung immer gleiche Größe behalten, so würde man auch stets mit einer gleich großen Wassermenge arbeiten müssen; um daher die Menge des in das Rad tretenden Wassers stellen zu können, bringt man einen kreisförmigen Schütz RS an, welcher durch die Stangen TU gehoben und gesenkt werden kann. Das Zapfenlager bei B, welches aus gehärtetem Stahl besteht, ist eben so eingerichtet, daß das Rad nach Erfordern etwas gehoben oder gesenkt werden kann. Alle Theile des Rades bestehen aus Eisen; überall, wo das Eisen eine Ecke findet, um die es fließen muß, ist dieselbe abgerundet, namentlich bei P und Q. Die Schaufeln des Rades sind am innern

Umfange abgefaßt, um jeden Rückstau des eintretenden Triebwassers zu vermeiden und auch, wie die Leitcurven, gehörig geglättet. Bei hohen Gefällen muß das Aufschlagewassergerinne ein verschlossenes Gefäß sein.

Der Winkel, welchen ein aus der Leitcurve austretender Wasserstrahl mit einer Tangente am innern Radumfange macht, muß so gewählt werden, daß sein Cosinus gleich dem Quotienten aus der Geschwindigkeit dieses Strahls durch die doppelte Geschwindigkeit des innern Radumfanges ist. Die Radschaufeln sollten zwar eigentlich in der Richtung der Tangente an dem äußern Umfange ankommen, jedoch läßt man sie, um das Abfließen des Wassers zu erleichtern, etwa 10° bis 15° von dieser Richtung abweichen. Bei Bestimmung der eigentlichen Dimensionen des Rades wird die Aufschlagewässermenge und die Druckhöhe gegeben sein. Aus letzterer wird man die Geschwindigkeit des bei dem Schütz austretenden Wassers, in radialer Richtung geschützt, berechnen können; um dieselbe nun in der Richtung der Leitcurven zu finden, muß man die Cotangente des Winkels, den das Leitcurvenende mit der innern Tangente macht, dadurch finden, daß man das dreißigfache Quadrat der radialen Geschwindigkeit mit der Höhe der Schützöffnung multiplicirt, und durch das Product aus der Wassermenge und gegebenen Umdrehungszahl dividirt, und vom Quotienten die halbe Tangente des Winkels von 10—15° abzieht. Dividirt man nun die Aufschlagewassermenge durch die radiale Geschwindigkeit, multiplicirt mit dem Sinus des vorher berechneten Winkels (d. h. durch die Geschwindigkeit in der Richtung der Leitcurve), so erhält man den Querschnitt der Ausflußöffnung unter dem Schütz, aus dem bei gegebener Oeffnungshöhe der innere Radius des Rades gefunden wird. Den äußern macht man dann 1,2—1,4mal so groß, als den innern, je nachdem das Rad größer oder kleiner ist. Daß sich nun sogleich aus dem innern Radius die Umfangsgeschwindigkeit berechnen läßt, erhellt von selbst. Die Schaufeln des Rades können aus zwei, sich in einander verlaufenden Kreisbögen construirt werden, von welchen bei dem äußern die Richtung des Austrittes aus dem Rade gegeben ist, der innere aber rechtwinklig auf das Leitcurvenende auftrifft. Um das Wasser ungehindert in das Rad zu leiten, macht man nur ¹/₃ bis ¹/₂mal so viel Leitcurven als Schaufeln.

Bei sehr hohen Gefällen würde das Rad zu schnell umgehen; selbst bei mäßigen Gefällen besitzt es eine sehr große Geschwindigkeit, und eignet sich daher vorzüglich zum unmittelbaren Betriebe von Mahl-, Spinn-, Schleifmühlen u. dgl, während bei langsamer umgehenden Maschinen durch ein Vorgelege erst Geschwindigkeit in Kraft umzusetzen ist. Ein sehr großes Kreiselrad wird zu Jrval bei Gisors in der Nähe von Paris zur Bewegung von 400 Webestühlen angewendet; sein Gefälle beträgt 2 Meter. Bei den mit diesem Rade angestellten, sehr genauen Versuchen, die man im polytechn. Centralblatt 1837, Nro. 36 weitläuftig beschrieben findet, ergab sich ein Wirkungsgrad von 0,585. Andere Kreiselräder zeigten gewöhnlich 0,80 des theoretisch berechneten Effectes, und würden selbst in dem Falle ein günstiges Resultat geben, wenn sie unter Wasser gehen müßten. Wir bemerken noch, daß dergleichen Räder, zweckmäßig und ordentlich ausgeführt, nicht nur einen hohen, sondern auch einen, durch alle bisher be-

kannten, selbst durch die sonst vortrefflichen rückenschlächtigen Räder der Engländer (Fig. 6, Taf. VII) noch nicht erreichten Nutzeffect gewähren und daher eine größere Berücksichtigung bei neuen Fabrikanlagen in Deutschland als bisher verdienen.

Die ausführliche Beschreibung der Kreiselräder von Herrn Fourneyron selbst findet sich im Bulletin de la Société d'Encouragement, 1834, p. 3, 49, 85, und daraus in Dingler's polyt. Journ. Bd. 53, S. 141—280. Ferner siehe *D'Aubuisson de Voisins* Handbuch der Hydraulik, aus dem Franz. von Fischer, Leipzig 1835, S. 397—414. Weißbach's Handbuch der Bergmaschinenmechanik, 2 Bde. Leipzig 1836. Vortreffliche Arbeiten über die horizontalen Wasserräder von den Herren Wedding und Carliezeck findet man in den Verhandlungen des Vereins für Gewerbfleiß in Preußen, 1837, 2 Lief. S. 68—94. Die dabei befindlichen, herrlich ausgeführten Tafeln IX—XII zeigen die zweckmäßigste Construction solcher Räder, und können als Baurisse dienen. — Wir entlehnen daraus noch Folgendes: Herr Wedding stellte 1836 zu Thiergartenschleuse bei Oranienburg Versuche bei einem Gefälle von nur 4′ und bei einer Zuflußmenge an Wasser von 16 bis 20 Kubikfuß in der Secunde an. Der Untergraben gewährte den für den Versuch sehr wesentlichen Vortheil, daß durch ein Anspannen dieses Theils des Kanals das Unterwasser beliebig gestaut und somit das Wasserrad auch ganz unter Wasser gesetzt werden konnte. Für ein Gefälle von 4 Fuß, und für eine Wassermenge von 16,719 Kubikfuß in der Secunde, mußte, nach der Berechnungsweise des Herrn Fourneyron, das Rad einen äußern Durchmesser von 4′, einen innern von 2,998′, 22 Stück 0,4198′, oder 5″ hohe Schaufeln und 11 Stück Directionsschaufeln erhalten. Der Einfallswinkel des letzten Elementes der Directionsschaufeln gegen den Raddurchmesser mußte 57° 10′ sein, und wenn die Geschwindigkeit der innern Radperipherie 0,595 derjenigen, die dem Gefälle von 4 Fuß angehört, angenommen wird, das Rad in der Minute 60 Umgänge macht, und bei der Annahme von 70 Prozent Nutzung der Wasserkraft, die Leistung desselben der von 6,16 Pferden, zu 502 das mechanische Moment, gleich sein.

Die Radkränze waren von Holz zusammengesetzt, und die Schaufeln zwischen dieselben durch geschnittene und dem Zwischenraum zweier Schaufeln gleiche Brettstücke eingebracht. Die Befestigung dieser Schaufeln an die Brettstücke geschah durch Holzschrauben, und eben so diejenige der Brettstücke mit den Schaufeln an die Kränze. Die Verbindung der Kränze mit der aus Schmiedeeisen gefertigten Welle erfolgte durch vier hölzerne Arme, die in einen Wellkranz eingelegt und angeschraubt waren. Von aussen waren die Zwischenräume zwischen den Armen, zur Verminderung des Widerstandes im Wasser bei der Bewegung des Rades, mit Zinkblech bekleidet. Die an einer hölzernen, mit eisernen Ringen gebundenen Röhre befestigte, feste Scheibe war aus zwei Brettlagen übereinander zusammengesetzt, und die Directionsschaufeln aus Blech in ähnlicher Art, wie die Schaufeln des Rades, an Einsatzstücke, die dem Zwischenraum zwischen zwei solchen Schaufeln gleich waren, mit Holzschrauben befestigt, mit jenen zusammen auf die Scheibe gelegt und wieder mit Holzschrauben mit letzterer verbunden. Um die Röhren herum waren zwischen

je zwei Schaufeln ebenfalls Holzstückchen eingepaßt, gegen diese theilweis die Schaufeln befestigt und selbst an die Röhre angeschraubt. Die Schaufeln, welche genau nach Fourneyron's Vorschrift construirt wurden, waren von ¹/₈ Zoll starkem Eisenblech, und in gußeisernen Stanzen genau nach der obengenannten Krümmung gepreßt worden, und die ihnen gegebene Form noch insbesondere dadurch gesichert, daß sie gegen die Zwischeneinsatzbretter geschraubt waren. Die Directionsschaufeln waren nach einem einfachen Kreisbogen geformt, und bei der Verzeichnung desselben war nur Rücksicht darauf genommen worden, daß das letzte Element unter dem bereits erwähnten Winkel gegen den Durchmesser einfiel und der Abstand zweier Schaufeln von einander sich nach der Mündung hin nicht verengte, sondern allmählich erweiterte.

Dieses Rad wurde an dem Ende eines mit aller Sorgfalt ausgeführten hölzernen Gerinnes aufgestellt. Die Welle lief unten mit einem Stellzapfen auf einer Stahlplatte. Beide waren gehärtet und letztere lag in einem Pfannenhalter, welcher auf einem, durch einen eingerammten Pfahl unterstützten und noch an zwei Pfählen des Gerinnes angebolzten Steg aufgeschraubt war. Der Hals der Welle wurde von einer Messingpfanne umfaßt, die in einem ähnlichen Pfannenhalter lag und durch Seitenschrauben in die richtige Lage gebracht werden konnte. Der letztere Pfannenhalter war auf zwei Spannbalken des Gerinnes aufgeschraubt, und diese gleichzeitig mit benutzt, um die zum Tragen der Directionsscheibe bestimmte Röhre zu umfassen und in der richtigen Höhe im Rade selbst zu erhalten. Zwei von der Seite durchgezogene Schrauben beförderten das hierbei nöthige Zusammenziehen dieser beiden Spannbalken. — Zum Reguliren der durch das Rad abzuführenden Wassermenge war ein Schützenkranz angeordnet. Derselbe bestand aus einem gußeisernen Cylindermantel, an dessen innerer Seite immer zwischen zwei Directionsschaufeln Holzstückchen angeschraubt waren. Dieser Schützenkranz hing an drei oben mit Gewinden versehenen Schützenstangen, und konnte durch die oben mit Knaggen aufliegenden Muttern gehoben und so tief gesenkt werden, daß er sich auf dem Rand der Directionsscheibe aufsetzte und allen Abfluß des Wassers aus dem Rade sperrte. Die Führung des Schützenkranzes geschah in einem aus Holzdauben zusammengesetzten und in einem Holzkranz befestigten Cylinder. Die Dichtung zwischen Kranz und Cylinder erfolgte durch einen mit kleinen Schrauben befestigten einfachen Lederring.

Um eine Scheibe an der stehenden Welle legte sich der sogenannte Prony'sche Zaum, der mit dem Regnier'schen Dynamometer verbunden war. Außerdem wurde die Geschwindigkeit der Triebwasser mit dem Woltmann'schen Flügel, und ferner auch die Radumgänge und das abfließende Wasser beobachtet.

Die Resultate der 14, mit dem so vorgerichteten Rade angestellten Versuche waren keineswegs günstig, der Wirkungsgrad schwankte zwischen 0,141 bis 0,223. Die Radschaufeln waren zu wenig gekrümmt, und das Wasser floß, wie man ganz deutlich wahrnehmen konnte, mit zu großer Geschwindigkeit aus den Zellen. In der schon oben erwähnten Uebersetzung von d'Aubuisson's „Handbuch der Hydraulik," S. 413, hatte der Maschinendirector Brendel

in Freiberg bereits bemerkt, daß die von Herrn Fourneyron angegebene Construction der Schaufelcurven der Theorie nicht völlig entspreche, und vorzüglich der Winkel, den die Richtung dieses letzten Elementes der Schaufel mit der Radtangente beschreibt, höchstens 15° betragen müsse. Mit Berücksichtigung dieser Angabe wurde nun zwischen die hölzernen Kränze des Wasserrades eine gleiche Zahl von Schaufeln, nämlich 22 Stück, eingesetzt, deren Krümmung stärker war; die 11 Directionsschaufeln blieben. Auch hier war die Geschwindigkeit des aus den Zellen fließenden Wassers noch viel zu groß, wie der berechnete Effect auch bestätigt. Bei 7 Versuchen schwankte der Wirkungsgrad zwischen 0,257 und 0,312. Um indeß auch zu ermitteln, welchen Einfluß die Zahl der Directionsschaufeln hätte, wurde die Zahl derselben auf das Doppelte, mithin auf 22 erhöhet, und durch 12 Versuche ein Wirkungsgrad von 0,365 bis 0,509 erhalten.

Es wurde nunmehr auch die Zahl der Radschaufeln auf das Doppelte, mithin auf 44 erhöht, die Schaufelhöhe selbst aber auf 3″ erniedrigt. Die 22 so angestellten Versuche waren schon um Vieles befriedigender, sie gaben einen Wirkungsgrad von 0,501 bis 0,705. Das die Zellen des Rades verlassende Wasser hatte indeß immer noch zu große Geschwindigkeit. Es ergab sich ferner, daß die hölzernen, zur Unterstützung der Radkränze angeordneten Arme, ungeachtet der Blechverkleidung, doch zu vielen Widerstand im Unterwasser fanden. Es wurde daher eine muschelförmige Schale aus Gußeisen gefertigt und auf den damit verbundenen untern Kranz die Radschaufeln befestigt und durch einen obern, ebenfalls gußeisernen Kranz verbunden. — Die Schaufeln, deren Krümmung geändert war, wurden auch zwischen gußeisernen Stangen gepreßt; ihre Befestigung war aber nicht so bequem als diejenige gegen die früher angewendeten Holzstückchen, insbesondere, wenn jede Erhöhung auf ihren Flächen und überhaupt im Zellenraum vermieden werden sollte. Es wurden daher kleine Platten von der Form des Raumes zwischen den Schaufeln gegossen und die Schaufeln gegen die vorspringenden Ränder dieser Platten mit kleinen Schrauben befestigt. Zwei Schaufeln, eine obere und eine untere Platte bildeten eine Zelle. Die Verbindung einer solchen Zelle mit den Kränzen des Rades selbst erfolgte durch eine Schraube, welche von der Außenseite der Kränze in der, durch einen Steg mit den Rändern der Platte vereinigten Kopf eingeschraubt wurde. Zwischen je zwei so gebildeten Zellen wurde nun ferner eine, der vorigen ähnliche, gußeiserne Platte ohne Seitenränder, zur Verstärkung mit einem Längensteg in der Mitte versehen, eingesetzt und mit einer Schraube, jedesmal von außen, befestigt. Die Dimensionen des Rades waren dieselben geblieben, auch hatte es 44 Radschaufeln, deren Höhe wieder 3″ betrug. Die feste Scheibe, in der Mitte mit 22 Directionsschaufeln, war nicht geändert worden. Durch 45 Versuche erhielt man den Wirkungsgrad 0,92 im Mittel. Das Wasser floß weit ruhiger und mit geringer Geschwindigkeit aus den Radzellen. Das günstige Resultat war aber nicht allein Folge der Schaufelkrümmung, sondern auch der angeordneten gußeisernen Schale. Dieß Letztere bestätigte sich durch Versuche, welche mit einem aus den frühern Rädern zusammengesetzten Rade angestellt wurden. Das Rad hatte hölzerne Kränze, zwischen denen 44 Stück, nach

der als zu weit angeführten Krümmung gepreßt, 4″ hohe Schaufeln befestigt worden waren. Die Kränze waren auf die gußeiserne Schale aufgeschraubt. Die Directionsscheibe war wie früher mit 22 Directionsschaufeln versehen worden. Aus 25 Versuchen erhielt man nämlich hier im Mittel die Wirkungsgrade 0,86 bis 0,69.

Für die Ermittelung einer Vorschrift zum Bau dergleichen horizontaler Räder war es von Werth zu erforschen, um wieviel die dem nutzbaren Gefälle zugehörige Geschwindigkeit durch den Austritt aus den Zellen des Rades, sowohl während des Ganges, als auch während des Feststellens des Rades, wohl vermindert wird. Es wurde daher noch eine Versuchsreihe mit dem gußeisernen Rade gemacht, wobei dasselbe mittelst des Prony'schen Zaums so festgestellt worden war, daß es sich nicht bewegen konnte.

Mit Benutzung der bei den Versuchen beobachteten Zahlen, ergiebt sich der Ausflußcoefficient des aus dem Rade strömenden Wassers zu 0,56.

Bergrath Schitko zu Schemnitz (Beiträge zur Bergbaukunde, insbesondere zur Maschinen-Lehre, Heft 2, S. 117 &c., Wien, 1834) beschreibt eine im Michaelisschachte zu Hodritsch in Ungarn, im Jahre 1819 erbauten Reactionsmaschine für eine hohe Fallhöhe (401 Fuß), welche Wasserhebung zum Zweck hat.

Ehe wir jedoch das Capitel von den Wasserrädern schließen, müssen wir noch von einer Maschine reden, die zwar kein eigentliches Wasserrad ist, denselben aber im Allgemeinen so ähnlich ist, daß ihre Beschreibung als Anhang zu denselben füglich Platz finden kann; es ist dieß ein umgekehrtes Kastenwerk, oder

die Kette mit Zellen oder Kästen (Chain of buckets, engl.). Die Maschine und ihre Wirkung sind sehr leicht verständlich. Sie ist in Fig. 9, Taf. VII, in einer Seitenansicht dargestellt, die Kästen jedoch als aufgeschnitten gedacht. C, D, F, I, H sind eine Reihe von Zellen oder Kästen, welche durch eine Kette ohne Ende mit einander verbunden sind. Diese Kette geht über zwei Räder, A und B, von denen das obere an der Welle sitzt, welche die zu betreibende Maschinerie in Bewegung setzen soll. E ist das Gerinne, welches das Aufschlagewasser in die Kästen führt und durch dessen Druck oder Gewicht die Bewegung hervorgebracht wird. Der hauptsächlichste Vorzug dieser Maschine besteht darin, daß die Zellen kein Wasser fallen lassen, ehe sie nicht den niedrigsten Punkt erreicht haben, welches, wie wir sahen, bei einem gewöhnlichen oberschlächtigen Wasserrade nicht der Fall ist. Ein anderer Vortheil besteht darin, daß, da die Kette mit den Kästen über ein Rad von kleinem Durchmesser geht, dasselbe rascher, als ein hohes Rad umlaufen kann, ohne daß die Geschwindigkeit der niedergehenden Kästen über die zweckmäßige Grenze beschleunigt wird. Die vorliegende Maschine ist daher sehr gut, wenn die zu betreibende Maschinerie schnell umgehen soll. Auf der andern Seite ist aber auch die Reibung der Kette über dem obern Rade sehr bedeutend, da die Glieder von jener über Zähne greifen müssen, die an der Peripherie des Rades vorhanden sind. Obgleich dieß nun ein Nachtheil der Maschine ist, so kann man sie dennoch in gewissen Fällen sehr vortheilhaft und zweckmäßig anwenden.

Siebentes Capitel.

Von den Wassersäulen-Maschinen.

Diese Maschinen gehören zu denjenigen Erfindungen mechanischer Betriebsamkeit, welche der Bergbau veranlaßt hat, und sie sind in neuerer Zeit, besonders durch die Bemühungen des leider zu früh verstorbenen Ritters v. Reichenbach in die Reihe der sehr vollkommenen Maschinen getreten. Ihre Anwendung ist besonders dann nützlich, wenn nur geringe Mengen von Aufschlagewasser, dagegen aber sehr beträchtliche Gefällhöhen zu Gebote stehen. Bekanntlich steht bei allen durch Wasserkraft umgehenden Maschinen der Aufschlagewasser-Bedarf in umgekehrtem Verhältniß mit der nutzbaren Fallhöhe, dergestalt, daß die Wirkung in der Hauptsache gleich ist, wenn z. B. entweder die doppelte Wassermenge unter einem einfachen Gefälle, oder die einfache Wassermenge unter doppeltem Gefälle benutzt werden kann. Weil aber, wie wir schon bemerkten, oberschlächtige Wasserräder nur in einer beschränkten Höhe, die selten über 50 Fuß hinaus geht, haltbar zu erbauen sind, so ist die zweckmäßige Anwendbarkeit einer Wassersäulenmaschine leicht zu erkennen, wenn es darauf ankommt, unter Gefällhöhen über 50 bis 1000 und mehren Fußen, mit einer verhältnißmäßig nur geringen Wassermenge, die zum Betriebe von Rädern in getheilter Folge oft ganz unzureichend ist, bedeutende Triebkräfte zu erzielen.

Das Wesentliche der Einrichtung einer Wassersäulenmaschine besteht in einem gut ausgebohrten, gewöhnlich stehenden Cylinder, in welchem gehörig geliederte Kolben durch Wasserdruck, entweder einseitig (einfachwirkend) oder zweiseitig, nämlich abwechselnd, erst aufwärts und dann niederwärts (doppelwirkend) in jedem Hube mit einer angemessenen Kraft getrieben, also auf- und niedersteigend, bewegt werden können. Verbindet man nun einen solchen Kraftkolben mit einem Lastgeschirr, z. B. von Pumpen zur Wasserhebung (s. dritte Abtheilung dieses Bandes), für welche die Säulenmaschinen vorzüglich geeignet und zunächst erfunden sind, so erhellet deren Gebrauchsweise, die den Umständen nach entweder unmittelbar und sehr einfach, wie bei Druckwerken, die vom Standorte des Betriebcylinders aufwärts pumpen, oder mehr und weniger mit unentbehrlichem Zwischengeschirr, wie bei Saug- und Hebepumpen, aus beträchtlicher Tiefe unter dem Treibcylinder verknüpft sein kann.

Der auf den Kraftkolben einwirkende Wasserdruck entsteht nun in einer, seinem Triebcylinder angebauten Röhrensäule, der sogen. Einfallröhre, die sich aufwärts bis zum Einschlagepunkte des Wassergefälles erstreckt, und nach geschehener Anfüllung eine unter dem Treibkolben fußende Wassersäule bildet, deren senkrechte Höhe dem vorhandenen Gefälle entspricht. Die Größe des Drucks, welchen diese Wassersäule auf den Treibkolben ausübt, berechnet man nach der Fläche des benannten Kolbens und der durch das senkrechte Gefälle gegebenen Druckhöhe dergestalt, daß diese Druckgröße jedenfalls — in seigern oder senkrechten, wie auch in flachen oder donlägigen Schächten und über Tage an Bergabhängen — gleich ist dem Gewicht einer lothrecht stehenden Wassersäule, deren Inhalt durch die Multiplication der Kolbenfläche mit der Druckhöhe gefunden wird. Wenn z. B. die freie Treibkolbenfläche = 1¼ Quadratfuß, die erwähnte Fall- oder Druckhöhe = 800 Fuß und das Gewicht von 1 Kubikfuß Wasser = 52 Pfund: so ist die auf den Treibkolben einwirkende Pressung gleich dem Gewicht von 1000 Kubikfuß Wasser à 52 Pfund = 52,000 Pfund, oder nahe 473 Centner. Eben soviel Gewicht vermag nun der Treibkolben, falls solches demselben aufgelegt oder angehängt würde, zu tragen, wenn es darauf ankäme, einer solchen Last (473 Centner) ohne Bewegung das Gleichgewicht zu halten.

Nach dieser allgemeinen Uebersicht von der Beschaffenheit und Wirksamkeit der Wassersäulenmaschinen, wollen wir nun einige derselben genauer betrachten. Wir bemerkten schon weiter oben, daß die Maschinen einfach- und doppeltwirkend sein können; obwohl nun die letztern im Verhältniß zum Kraftaufwande weit mehr leisten als die einfach wirkenden und auch zur Hervorbringung einer Kreisbewegung benutzt werden können und benutzt worden sind, so giebt man doch als Wasserhebungsmaschinen — und als solche werden die Wassersäulenmaschinen hauptsächlich benutzt — gewöhnlich den einfachwirkenden den Vorzug, und eine solche wollen wir hier näher betrachten.

Auf der großartigen, 14 deutsche Meilen langen Soolenleitung zwischen den vier baierischen Salinen, Berchtesgaden, Reichenhall, Rosenheim und Traunstein, sind neun nach verschiedenen Systemen von dem verewigten v. Reichenbach construirte Wassersäulenmaschinen vorhanden, von denen die größte zu Illsang, 1½ Stunde von Berchtesgaden, befindlich ist. Wir wollen dieselbe hier, mit Hülfe der Taf. XI und XII, nach dem Portefeuille industriel, Tome I, p. 93 etc. beschreiben; indem sie nicht allein die größte, sondern auch die vollkommenste von den Maschinen des berühmten Mechanikers ist. Sie ist einfachwirkend und löst mit einem 25½ Zoll weiten Cylinder eine bis dahin noch nicht versuchte Aufgabe der Mechanik, indem sie die gesättigte Salzsoole, vermittelst eines Druckwerks, durch einen 11½ zölligen Stiefel, in 4½ zölligen Röhren, von 3506 Fuß flacher, dem Gebirgsabfalle folgender Länge, auf eine senkrechte Höhe von 1218 baierischen Fußen empor hebt. Die Druck- oder Kraftwasser mußten 1½ Meilen weit herbeigeleitet werden.

Allgemeine Anordnung der Maschine. — Die Wassersäule, die als Betriebskraft wirkt und die allen Theilen des Mechanismus die Bewegung ertheilt, wird durch die Röhre A herbeigeführt und fließt, nachdem sie

gewirkt hat, durch die Röhre N ab (Figur 1 und 2, Tafel XI).

Um das Spiel des Drucks und der Mittheilungen der Bewegungen besser verstehen zu können, bemerken wir, daß das ganze mechanische System auf die vier Senkrechten A′, C′, F′ und O′ vertheilt ist.

In der Senkrechten A′ liegt die Röhre B, welche von der Röhre A abgeleitet worden ist und welche das erhaltene Wasser der horizontalen Röhre B′ mittheilt, wenn der Hahn b geöffnet ist.

In der Senkrechten C′ liegt die Röhre C, die man in der Fig. 13, Taf. XII in vergrößertem Maaßstabe sieht. Sie erhält das Wasser durch die Röhre B′ und enthält zwei Kolben d und d′, die an derselben Stange D′ (Fig. 17) sitzen. In den Fig. 1 und 2 sind diese Kolben in den äußersten Stellungen dargestellt, welche sie annehmen können.

In der Senkrechten F′ liegt die Vertheilungsröhre, bestehend aus zweien, genau in einer Axe liegenden Pumpenstiefeln, einem obern F, und einem untern GH, von etwas größerm Durchmesser. In ersterm bewegt sich der Kolben K und in dem zweiten die beiden Kolben L und M. Alle drei, unveränderlich mit einander verbundenen Kolben liegen in einer Axe und bewegen sich in den Pumpenstiefeln auf und nieder.

In der Senkrechten O′ liegen die drei Cylinder P, Q und R in einer Axe. Der erstere enthält den Gegenkolben S, der zweite den Haupt- oder Betriebskolben T und der dritte den Druckkolben U, der die Salzsoole in den Steigeröhren empordrückt. Auch diese drei Kolben sind unveränderlich mit einander verbunden und liegen in sorgfältig bestimmten Entfernungen in einer Axenlinie. Die Cylinder P und R haben gleichen Durchmesser und sind beide oben offen, um frei mit der Atmosphäre communiciren zu können. Der Kraft- oder Betriebskolben Q ist oben geschlossen, aber unten ebenfalls offen.

Der Cylinder R für das Druckwerk der Soole, die Saugröhre X, die Kammer für die Ventile x und x′ der Saug- und der Druckröhre, und die Druckröhre Y ruhen auf einem starken Mauerwerk (Fig. 1 und 2), welches nicht allein das Gewicht der Stücke, sondern auch den Druck, welchen diese aushalten können, zu tragen vermag.

Der auf die vier Senkrechten A′, C′, F′ und O′ vertheilte Mechanismus, der gewissermaßen ein zweites Stockwerk des Apparates bildet, wird seinerseits von verschiedenen Säulen q und q′ und durch eine große gußeiserne Platte V, die mit mehren Verstärkungsrippen versehen ist, getragen und diese Platte ruht selbst auf einem hinreichend starken Mauerwerk.

Diese allgemeine Uebersicht kann dazu dienen, das Spiel der Maschine leichter zu begreifen.

Spiel der Maschine. — Wir wollen annehmen, die Maschine sei seit langer Zeit in vollem Betriebe, und wir wollen sie in dem Augenblick betrachten, in welchem die Kolben und alle beweglichen Maschinentheile die in Figur 1 dargestellten Stellungen einnehmen. Der Betriebskolben beginnt alsdann seinen Niedergang und der Apparat befindet sich in folgenden Zuständen:

Er ist von aller Luft gereinigt, der Hahn a′ ist geschlossen und der Hahn b geöffnet. Unter dem Kolben U, in der Röhre B′, in der Ventilkammer x und x′ und in der

Steigeröhre Y, steht Salzsoole; der Druckkolben U beginnt seinen Niedergang, der von ihm ausgeübte Druck schließt das Ventil x, hebt das Ventil x' und die Kraft, welche er, um niederwärts zu gehen, anwenden muß, ohne die Reibung zu berücksichtigen, ist gleich dem Gewicht einer Salzsoolensäule, die zur Basis die Grundfläche des Kolbens und zur ganzen Höhe die senkrechte Höhe der aufsteigenden Säule hat.

Das Betriebswasser, welches die Pumpencylinder P und F, und die gekrümmte Communicationsröhre P' ausfüllt, fließt durch die Oeffnung j ab, weil es, in dem Maaß, als der Kolben S sinkt, vertrieben wird.

Unter den Kolben L und M und in der Seitenröhre C befindet sich Wasser, welches frei mit der Abfluß- oder Hinterröhre N communicirt, denn die Röhre C steht auf der einen Seite, mittelst der Oeffnung c (Fig. 1 und 13) mit dem Raum unter dem Kolben M, und auf der andern Seite mit dem unter dem Kolben L, mittelst der Oeffnung c' (Fig. 1 und 13), in Verbindung.

Das Triebwasser gelangt durch die Röhre B und durch den Hahn b herbei, um auf die beiden kleinen Kolben d und d', die an der Stange D (Fig. 1 u. 13) sitzen, zu wirken; allein es kann sie nicht in Bewegung setzen, weil diese gleichen Kolben einen gleichen und entgegengesetzten Druck erhalten.

Endlich gelangt auch das Triebwasser, dessen Zuströmen durch das Ventil a regulirt wird, zu den beiden ungleichen Kolben K und L; der Druck von unten nach oben, den es auf den erstern und kleinern ausübt, ist etwas geringer, als der Druck von oben nach unten, der auf den zweiten, größern ausgeübt wird. Er sucht demnach diesen niederzudrücken. Diesem Bestreben widersetzt sich aber die Stange m, welche unter dem Kolben M angebracht ist und deren Ende gegen den Boden des Cylinders GH drückt. Demnach bleiben die Kolben K, L, M, unbeweglich in der, in Fig. 1, während des ganzen Niederganges des Triebkolbens T und der Kolben S und U, die mit ihm verbunden sind, dargestellten Stellung. Das Triebwasser geht also durch den Raum zwischen den Kolben K und L, übt einen Druck auf dieselben aus, bringt aber keine Bewegung hervor, dringt durch die Communicationsröhre Q' und gelangt endlich auf den Triebkolben, um auf demselben eine mechanische Wirkung auszuüben.

Nachdem nun diese Bedingungen festgestellt sind, ist es leicht, das Spiel der Maschine und ihre Wirkungen zu erkennen, sei es nun während des Aufganges, oder während des Niederganges des Kolbens.

Niedergang des Kolbens. — Der auf den Triebkolben T hervorgebrachte Druck ist gleich dem Druck einer Wassersäule, welche die Oberfläche des Kolbens zur Basis und zur Höhe die senkrechte Höhe des Falles über der Basis hat. Dieses Gewicht ist die Kraft der Maschine.

Der Widerstand besteht: 1) Aus der Reibung (den wir für den Augenblick unberücksichtigt lassen); 2) aus der Anstrengung, welche der Kolben S und 3) aus der, welche der Kolben U zu machen hat.

Nun hat aber der Kolben S nur das unter sich befindliche Wasser zu vertreiben und es durch die Röhre P' und durch die Oeffnung j zu verdrängen, zu welchem Zweck schon der atmosphärische Druck, der auf S wirkt, beiträgt, und er ist nur dann erst unwirksam, wenn der Kolben S unter das Niveau der Oeffnung j herabgegangen ist. Demnach ist also die Anstrengung des Kolbens S immer sehr gering.

Was nun die Anstrengung des Kolbens U betrifft, so wird sie durch den Druck von unten nach oben gemessen, welcher den Kolben in dem Maaß, daß er sinkt, zurückstößt; und dieser Druck ist gleich dem Gewicht der Salzsoolensäule, die zur Basis den Kolben selbst und zur Höhe die senkrechte Höhe der Röhre Y, über seinem Standpunkte hat. Es ist dieß, wie man sieht, der wesentliche Theil des Widerstandes, und überall muß man die Verhältnisse der Kolben T und U so berechnen, daß die Triebkraft auf solche Weise das Uebergewicht über den Widerstand hat, daß der Kolben T mit einer zweckmäßigen Geschwindigkeit niedergehen kann. Der Lauf dieser Kolben ist im Allgemeinen klein genug im Verhältniß zu der Höhe des Falles und zu der Länge der gehobenen Säule, daß die Zunahme der Kraft und des Widerstandes, die in dem Maaß, daß die Kolben niedergehen, stattfindet, so daß sie fast ganz unmerklich seien. Man sieht demnach ein, daß der Triebkolben T fast regelmäßig bis auf den tiefsten Punkt seines Laufs gelangen kann, indem er ein, dem räumlichen Inhalt des Kraftcylinders Q gleiches Volum Wasser verbraucht und daß der gleichfalls niedergehende Kolben U ein Volum von Salzsoole hebt, welches gleich der Capacität des Cylinders R ist.

Dieß ist die sehr einfache Wirkung, welche die Maschine während des ersten Theils ihres Spiels, d. h. während des Niedergangs des Kolbens hervorbringt.

Wir müssen nun jetzt sehen, wie der zweite Theil des Spiels erfolgt, d. h. der Aufgang des Kolbens, und wie die Maschine selbst die Veränderung hervorbringt, welche die abwechselnde Bewegung bestimmt.

Uebergang des Niederganges zum Aufgang. — Wenn der Triebkolben T an seinen niedrigsten Standpunkt gelangt, so stößt der kleine Nagel e', an der Stange t, in der Nähe des obern Endes von T' (Fig. 1 und 6) gegen die Gabel E' des Hebels E'E, dessen Stützpunkt in e'' ist; er drückt auf diese Gabel und nöthigt sie, nieder zu gehen, der Hebel dreht sich, das Ende E geht in die Höhe und hebt die Stange D, und die Kolben d und d' (Fig. 1 und 17) nehmen die Stellung an, welche in Fig. 2 dargestellt worden ist.

Alsdann übt das, in der Röhre B', die mit B und mit A in Verbindung steht, befindliche Wasser noch gleichen und entgegengesetzten Druck auf die Kölbchen d und d' aus, und läßt sie unbeweglich; es dringt aber dagegen durch die Seitenöffnung c, die eben geöffnet wird, und unter den Kolben M, übt auf demselben einen Druck von unten nach oben zu aus, der gleich dem von oben nach unten auf L ausgeübten Druck ist, und da in diesem Augenblick der, von unten nach oben auf dem Kolben K ausgeübte Druck aufhört, da ihm nicht mehr das Gleichgewicht gehalten wird, so thut er seine Wirkung, und hebt schnell das System der drei Steuerungskolben K, L und M, von denen der obere Gegenkolben, der zweite der Wechselkolben und der dritte der untere Gegenkolben genannt wird, um sie in die auf Fig. 2 dargestellte Lage zu bringen.

Sobald diese Wirkung statt gefunden hat, dringt das Kraftwasser aus der Einfallröhre A, da es keinen andern Ausweg hat, in die Verbindungsröhre P' und unter den Kolben S, um auf denselben einen Druck auszuüben, der im Stande ist, die drei Kolben S, T und U zu heben und eine aufsteigende Bewegung hervor zu bringen.

Aufgang des Kolbens. — Die Kraft, welche den Aufgang des Kolbens bewirkt, ist, wie wir sahen, der von unten nach oben auf den Kolben S ausgeübte Druck; folglich ist er gleich dem Gewicht der Wassersäule, die zur Basis den Kolben selbst und zur Höhe die Höhe des Triebwassers über dem Kolbenstande hat. Er würde vom Anfang bis zum Ende des Laufes abnehmen, wenn die Höhe der Wassersäule nicht sehr bedeutend wäre.

Der Widerstand besteht: 1) aus der Reibung; 2) aus der Anstrengung, welche der Triebkolben und 3) aus der, welche der Druckkolben U zu machen hat.

Nun ist aber von dem Augenblick an, daß der Kolben L die in Fig. 2 dargestellte Stellung angenommen hat, das über dem Triebkolben T befindliche Wasser, ferner das in der Röhre Q' und das zwischen den beiden Kolben L und M befindliche, nur eine Masse, die mit der Oeffnung I der Hinterröhre N in Verbindung steht. Ohne daher die Reibungen zu berücksichtigen, hat der Triebkolben T nur eine Wassersäule zu heben, die zur Basis den Kolben selbst und zur Höhe das Ende der Röhre N über dem Stande des Kolbens hat.

Was nun die Anstrengung betrifft, die der Kolben U zu machen hat, so ist es klar, daß, weil er oben mit der atmosphärischen Luft in Verbindung steht, er eine Salzsoolensäule heben muß, die zur Basis den Kolben und zur Höhe die Höhe des Kolbens über dem Niveau der Soole selbst hat. Dieser Theil des Widerstandes nimmt merklich und in dem Maaß zu, daß sich der Kolben U erhebt, weil das Niveau der Soole nur bis auf 15 oder 20 Fuß unter dem Saugventil x vermindert werden kann.

Die Durchmesser der Kolben S, T und U sind nach Localumständen und so berechnet, daß die Triebkraft den Widerstand mit einer zweckmäßigen Geschwindigkeit, sowohl beim Auf- als beim Niedergange, zu überwinden vermag; dieser doppelten Bedingung müssen sie genügen.

Bei der aufgehenden Bewegung werden diese Bedingungen auf die folgende Weise erfüllt: das unter den Kolben S tretende Triebwasser hebt die drei Kolben S T U (Fig. 2); das Ventil x' ist geschlossen, das Ventil x hebt sich und die Soole tritt durch die Röhre R' unter den Kolben U; das über dem Triebkolben T befindliche Wasser dringt durch die Röhre Q' in den Zwischenraum zwischen den beiden Kolben L und M und entweicht durch die Oeffnung I der Hinterröhre.

Diese Wirkungen dauern so lange fort, bis die drei Kolben S, T und U an den obersten Punkt ihres Laufs angelangt, und wiederum die in Fig. 1 dargestellte Stellung angenommen haben. Da nun alsdann die aufwärtsgehende Bewegung der Maschine vollendet ist, so macht diese selbst die Veränderung, welche den Niedergang bewirkt.

Uebergang des Aufganges zum Niedergange. — Wenn der Kolben T seinen höchsten Punkt erreicht hat, so stößt der Nagel e an der Stange t, in der Nähe des

untern Endes der Kolbenstange T' (Fig. 1 und 6) gegen die Gabel E' des Hebels E'E, hebt ihn in die Höhe und dreht ihn um seine Axe e''. Alsdann geht das Ende E des Hebels nieder, nimmt die Stange D und die beiden Kölbchen d und d', die ebenfalls zu der in Fig. 1 dargestellten Stellung zurückgeführt sind, wieder mit. Das unter dem Kolben M stehende Wasser, welches stets in Verbindung mit der Oeffnung c ist, hört auf mit den Röhren B', B und A im Zusammenhange zu sein, und communicirt nur mit der Röhre C und durch die Seitenöffnung c' mit der Oeffnung I. Von diesem Augenblick an findet nur ein leichter Druck auf den Kolben M statt, und der Druck von oben nach unten auf den Kolben L übersteigt den von unten nach oben auf den Kolben K wirkenden Kolben so, daß die drei Gegenkolben K, L und M schnell in die Stellung geführt werden, wie sie Fig. 1 darstellt. Während dieser Zeit fließt das über M befindliche Wasser ab, indem es durch c, C, c' und I nach der Hinterröhre N geht.

Auf diese Weise werden alle beweglichen Maschinentheile in die Stellung zurückgeführt, welche den Niedergang bestimmt, der auf die angegebene Weise vollbracht wird.

Wenn die Maschine gehörig aufgestellt ist, wenn alle Kolben auf ihren Stangen und in ihren relativen Stellungen befestigt sind, wenn dasselbe mit den Nägeln e und e' der Fall ist, und wenn das Klappenventil, welches die Zuführung des Wassers nach der vorhandenen Quantität der Aufschlagewasser regulirt, die gehörige Stellung erlangt hat, so begreift man, daß das Spiel der Maschine mit großer Regelmäßigkeit erhalten werden kann.

Um die Maschine gänzlich zum Stillstande zu bringen, ist es hinreichend, den Hahn b zu verschließen, der auch einzig nur den Zweck hat, diese Wirkung hervorzubringen, und mit dem sie sicherer erreicht wird, als mit dem Ventil a.

Der Lufthahn a' dient dazu, die Maschine von der atmosphärischen Luft zu reinigen, wenn man sie in Betrieb setzen will; während des Betriebs ist er fortwährend geschlossen.

Wir wenden uns nun zu der Beschreibung der hauptsächlichsten einzelnen Theile der Wassersäulenmaschine zu Illsang. Alle Cylinder und alle Röhren, in denen bewegende Maschinentheile wirken, bestehen aus Kanonenmetall oder Bronze; man unterscheidet auf den verschiedenen Figuren leicht, wie diese Maschinentheile gegossen und wie sie zusammen verbunden sind.

Der Lufthahn a' und das Ventil a sind in besondern Stücken angebracht und ihre Zusammensetzungsfugen, so wie die der Röhren B und B' sind konisch und mit Scheiben versehen. Die Schraube c'' verschließt die Oeffnung, welche man in der Röhre C (Fig. 13) anbringen mußte, um die Seitenöffnung c einzubohren. Gegen der Oeffnung c über ist eine ähnliche Oeffnung verschlossen, allein der Verschluß ist zum Theil durch die Scheibe der Röhre B' bedeckt; die Schraube b' endlich verschließt das untere Ende der Röhre B.

Die beiden kleinen Vertheilungskolben d und d' (Fig. 1, 2 und 17) bestehen aus Zinn und sind mittelst Schrauben an der gemeinschaftlichen Stange befestigt, mit welcher die Stange D durch einen Wirbel verbunden ist, und an dem andern Ende auf gleiche Weise mit dem Punkt E des

Hebels EE′ zusammenhängt; von letzterm sieht man in Figur 12 eine Seitenansicht und eine Ansicht von oben.

Jeder von den drei großen Wechsel- oder Gegenkolben K, L, M (Fig. 1, 2 und 15) besteht aus einer bronzenen Walze, die mit einem zinnernen Ringe umgeben ist, welcher die Liederung bildet, oder der mit den Cylinderwänden in Berührung steht. Die Biegsamkeit des Zinnes gestattet eine sehr fest schließende Liederung. Der zinnerne Ring springt nur wenig über die Bronzewalze vor. Die beiden Kolben L und M sind durch zwei Stangen l und l mit einander verbunden und zwar durch Splette, wie die Fig. 15 näher zeigt. Die Stange k f, auf welcher der Kolben K auf die, ebenfalls aus der Figur deutliche Weise verbunden ist, steht durch eine Kugel mit dem Kolben L in Verbindung. Durch diese Vorrichtung wird der nöthige Spielraum erlangt, damit sich der dritte Kolben K genau in die Axe der beiden ersten Kolben L und M richtet.

Die drei Kolben S, T und U haben jeder eine besondere Einrichtung, die wir hier angeben wollen.

Der Kolben S besteht, wie der Kolben K, aus einer bronzenen, mit einem zinnernen Ringe umgebenen Walze; er ist auch auf die nämliche Weise mit seiner Stange verbunden.

Der Triebkolben T (Fig. 1, 2, 5, 6, 7, 8) besteht aus einem oben und unten ausgehöhlten Stück von Bronze, wie man aus dem Durchschnitt Fig. 6 deutlich ersieht. Auf seiner Peripherie ist er von zwei zinnernen Ringen Z, Z (Fig. 6 und 8) umgeben, die an dem Punkte Z″ (Fig. 8) so durchschnitten sind, daß sie übereinander greifen. Diese Ringe sind hinlänglich elastisch, um sich etwas zu öffnen, wenn von innen ein Druck darauf wirkt, und um sich wieder zu schließen, wenn der Druck aufhört. Diese Eigenschaft wird mittelst kleiner Röhren z′ benutzt, die in der Masse des Kolbens vorhanden sind, und in der Mitte eines jeden zinnernen Ringes in eine Rinne auslaufen, welche die Peripherie des Kolbens umgiebt. Jeder der beiden Ringe hat acht solche Röhren z′ (Fig. 7, welche eine Ansicht von oben des Kolbens ist). Während der Kolben von den Triebwassern niedergedrückt wird, dringt das Wasser in diese Röhrchen und drückt die zinnernen Ringe gegen die Cylinderwand. Beim Aufgange des Kolbens ist dagegen der Druck schwach, die Ringe schließen sich wieder und üben nur eine geringe Reibung aus.

Der Kolben U der Pumpe besteht aus Scheiben von mit Fett getränktem Leder u, die in der Fig. 11 für sich allein dargestellt worden sind. Die Art und Weise, wie die Scheiben zu dem Kolben über einander gelegt worden sind, ist aus Fig. 6 ersichtlich. Eine andere zweckmäßigere Einrichtung dieses Kolbens ist in Fig. 18 dargestellt. Es enthält derselbe zwei verschiedene Schichten von Lederscheiben, von denen die obere, weitere, als Druckkolben dient, die untere, von geringerm Durchmesser, den Stoß auffängt, indem der Kolben auf die Platte y der Röhre R niederschlägt. Dieses Auffangen des Stoßes ist nöthig und eine sehr wesentliche Bedingung, wenn die Maschine nicht sehr leiden soll.

Die Kolben S und T sind mittelst der Stange S′ verbunden und zwar durch ein Kugeleisen, dessen Einrichtung und Verbindung mit dem Kolben aus Fig. 6 ersichtlich ist.

Oben hat die Stange eine Verstärkung, gegen welche der Kolben S mit einer Schraube befestigt ist, und die in ein Oehr endigen, mittelst dessen man die drei Kolben, nachdem man die Cylinder P und Q auseinander geschroben hat, in die Höhe ziehen kann, indem man ein Seil durchzieht, welches durch eine Winde aufgewickelt wird.

Die Kolben T und U sind mittelst der Stange T′ mit einander verbunden. Es ist dieselbe, wie man aus Fig. 6 ersieht, in den Kolben T eingeschroben. Mit der Kolbenstange T′ sind mittelst der Höhe t′ die beiden Stangen t t verbunden, durch deren Nägel das Ende E′ des Hebels EE′ abwechselnd gesenkt und gehoben wird.

Der eine von diesen Hälsen ist besonders in Fig. 9 dargestellt; in der Fig. 10 sieht man den Falz u′, der zu seiner Aufnahme bestimmt ist, und auf den er keinen Druck ausübt, damit die beiden Stangen t t sehr leicht beweglich um die Stange T′ sind. Reichenbach hat diese Einrichtung angenommen, weil es sich häufig ereignet, daß sich der Kolben T um sich selbst dreht; wären nun die Stangen t t an der Kolbenstange T′ befestigt, so würden sie sich mit derselben drehen und würden den Hebel EE′ verbiegen, oder könnten ihn wenigstens in Bewegung setzen, wenn er in Ruhe bleiben muß. Diejenige von den beiden Stangen, welche auf den Hebel EE′ wirkt, hat einen Ausschnitt (Fig. 5), in den das Ende E′ des Hebels greift. Wenn nun der Triebkolben seinen niedrigsten Stand erreicht hat, so drückt das obere Ende o′ des Falzes auf den Hebelarm E′ und drückt ihn nieder; hat der Kolben dagegen seinen höchsten Stand erreicht, so hebt der Nagel o den Hebelarm. Dieser Nagel kann etwas höher oder niedriger gestellt werden, je nachdem der Hebel EE′ größere oder kleinere Bewegungen machen soll.

Die Fig. 3 stellt einen horizontalen Durchschnitt nach der Linie 1, 2 der Fig. 1 und 2 der Druckpumpe R und der Ventilkammer dar; man sieht in derselben das Saugventil x.

Fig. 4 ist ein horizontaler Durchschnitt nach der Linie 3, 4 der Fig. 1 und 2 des Kraftcylinders Q, die Leitung Q′ des Cylinders GH und der Röhre B.

Die Fig. 14 stellt einen horizontalen Durchschnitt nach der Linie 5, 6 der Fig. 13, des Cylinders GH, der Leitröhre B′ und der Röhre B dar.

Dynamische Wirkungen. — Bei dem Minimum der Wirkung wechselt der Kolben T 129 mal in einer Stunde, d. h. in der Minute 2,15 mal.

Fallhöhe	116	Meter.*
Lasthöhe der Salzsoole . . .	378	"
Durchmesser des Kraftcylinders .	0,72	Met.
Desgl. der Kolben S und U . .	0,285	"
Gewöhnlicher Lauf der drei Kolben	1,05	"
Durchmesser der Gegenkolben L u. M	0,235	"
Desgl. des Gegenkolbens K . .	0,195	"
Lauf der drei Kolben	0,33	"

* Wir lassen hier, so wie an andern Orten, das französische Metermaaß stehen, da es für die Leser bequemer ist, dasselbe auf das bei ihnen gültige Maaß zu reduciren, als das eine Fußmaaß aufs andere. Wir lassen der Vorrede einige Reductionstabellen folgen.

Oberfläche des Kolbens T . . .	0,4071	Quadr.M.
Desgl. der Kolben S u. U . . .	0,0638	„ „
Desgl. der Kolben L u. M . .	0,04337	„ „
Desgl. des Kolbens K	0,02968	„ „
Räumlicher Inhalt des Kolbens Q bei einer Kolbenhube v. 1,05 M.	0,428	Kub.Met.
Inhalt der Cylinder P u. R . .	0,067	„ „
Inhalt des Cylinders H bei einem Kolbenhub von 0,33 Met. . .	0,015	„ „

Um den Niedergang der Kolben S, T, U zu bewirken, verbraucht man ein Volum Wasser, welches gleich ist dem räumlichen Inhalt des Kraftcylinders Q, nämlich gleich 428 Liter.

Um die Richtung der Bewegung zu wechseln, verbraucht man ein Volum Wasser, gleich dem räumlichen Inhalt des Cylinders H, nämlich 15 Liter.

Um die Kolben S, T und U wieder in die Höhe gehen zu lassen, verbraucht man ein Volum Wasser gleich dem räumlichen Inhalt des Cylinders P, nämlich 67 Liter.

Demnach gebraucht man also zu einem Auf- und Niedergange des Kolbens ein Volum Wasser von 510 Liter, die von der Höhe von 116 Metres herabfallen, d. h. man verbraucht eine Betriebskraft, ausgedrückt durch $510 \times 116 = 59160$ dynamischen Einheiten, indem man als Einheit 1 Kilometer, welches von 1 Meter Höhe herabfällt, annimmt.

Die Betriebskraft erhebt ein Volum, welches dem räumlichen Inhalt des Cylinders R, d. h. 67 Liter gleich ist, auf eine Höhe von 378 Meter. Da nun die gesättigte Salzsoole ein specifisches Gewicht von 1,2 im Verhältniß zu dem Wasser hat, so wägen die 67 Liter 80 Kilogr. und die erhaltene dynamische Wirkung wird daher durch 378×80, oder durch 30240 Einheiten ausgedrückt.

Es folgt daher, daß die Wassersäulenmaschine zu Illsang, die eine Betriebskraft von 59160 dynamischen Einheiten hat, einen reinen Nutzeffect von 30240 dynamischen Einheiten giebt, oder daß 100 dynamische Einheiten wieder hervorbringen

$$\frac{3024000}{59160} = 51.$$

Demnach nutzt die Reichenbach'sche Maschine mehr als 50 Procent von der Kraft, welche zu ihrem Betriebe angewendet worden, und sie steht in dieser Hinsicht über den besten ungarischen Wassersäulenmaschinen, von denen sechs 33, 36, 40, 45, 46 und 50 Procent von der Betriebskraft wieder geben.

Nun haben wir zwar bei der obigen Berechnung den Verlust an Wasser, der statt finden kann, unberücksichtigt gelassen; allein man wird einsehen, daß diese Verluste bei einer sorgfältig construirten Maschine nur sehr gering sein können.

Um die Kraft dieser Maschine nach Pferdekräften, wie bei einer Dampfmaschine zu schätzen, ist es hinreichend, zu bemerken, daß sie in 1 Minute 2,15 Kolbenzüge macht, und daß sie für jeden Zug einen Effect von 30240 Kilogr. auf 1 Meter gehoben, hervorbringt, woraus folgt, daß sie in der Minute 65016 Kilogr. 1 Meter hoch hebt, und daß die Kraft daher ausgedrückt wird durch

$$\frac{65016}{4500} = 14{,}4$$

oder durch 14 Pferdekräfte.

Wenn mehr Aufschlagewasser vorhanden sind, so kann sie ungefähr ein Drittel Wasser mehr verbrauchen und eine Kraft von 18 bis 19 Pferden erlangen.

Wir beschreiben nun mit Hülfe der Figuren 1 und 2, Taf. XIII, noch eine andere einfach wirkende Wassersäulenmaschine, die zwar ebenfalls nach dem Prinzip des Ritters v. Reichenbach construirt ist, aber in manchen Einzelnheiten von der so eben beschriebenen Maschine abweicht und sich durch eine sehr genaue Construction und durch manche Verbesserungen und manche sehr sinnreiche und eigenthümliche Vorrichtungen auszeichnet. Sie ist auf der Bleierzgrube zu Huelgoat bei Poullaouen im französischen Departement Finistère zur Wasserhaltung im Betrieb und erst vor einigen Jahren erbauet. Sie hat viel Aehnliches mit einer zu Clausthal am Oberharz zu demselben Zweck vorhandenen Wassersäulenmaschine. Die Abbildungen der vorliegenden Maschine sind zwar nicht so speciell, als die der baierschen, allein nach der Beschreibung der letztern werden jene hinreichend sein.

Fig. 1 stellt einen Durchschnitt der Haupttheile der Maschine dar, und von dem Kraft- oder Treibcylinder ist nur die rechte Hälfte dargestellt, um an Platz zu sparen. Die linke Hälfte ist der rechten gleich und die Deutlichkeit daher nicht gefährdet.

Die Kraftwasser müssen, ehe sie in die Einfallröhren gelangen, durch Siebe mit der größten Sorgfalt geklärt werden, damit keine Unreinigkeiten in den Kraftcylinder gelangen, indem sie dort und auch schon in den Röhren bedeutende Hindernisse veranlassen würden.

Die gußeisernen Einfallröhren, deren Weite nach dem mit der Maschine zu erlangenden Effect und folglich nach der Menge der Kraftwasser verschieden ist, beträgt für die hier dargestellte Maschine, welche zu den größten und wirksamsten gehört, 0,4 Meter oder 15¹/₄ rheinl. Zoll. Diese Röhren haben nach Verschiedenheit der Tiefe, in welcher sie angewendet werden, eine verschiedene Wandstärke, indem dieselbe dem Druck, welchem sie zu widerstehen hat, gleich sein muß. Röhren von 1¹/₂ Zoll Stärke können einen Druck von 92 Atmosphären oder den einer Wassersäule von mehr als 3000 Fuß tragen. Ein sehr wichtiger Punkt ist die gehörige Unterstützung einer so schweren Röhrensäule, so wie die wasserdichte Verbindung der einzelnen, gewöhnlich 5 bis 6 Fuß langen Röhren. Eben so ist eine unerschütterlich feste Stellung des Kraftcylinders eine eben so wichtige, als auch unter gewissen Umständen sehr schwierige Sache, wenn er nämlich tief unter der Erdoberfläche in einen Schacht gestellt werden muß.

Wir gehen nunmehr zur Beschreibung der eigentlich wirkenden Theile der Maschine über, indem wir auf die Abbildung derselben (Fig. 1 und 2, Taf. XIII) verweisen. Der Kraftcylinder Y, in welchem sich der Triebkolben P bewegt, hat an seinem untern Ende eine Röhre T, durch welche die Kraftwasser abwechselnd ein- und abgeführt werden. In dem erstern Falle wird der Kolben mit seiner Belastung von unten nach oben getrieben, und in dem zweiten sinkt er wiederum; es erfolgt daher die Wirkung beim

Aufgange des Kolbens. Um nun diese abwechselnde Bewegung des Steigens und Fallens fortdauern zu lassen, muß man das Nachlassen dieser beiden Functionen reguliren, welches durch die sogenannte Steuerung geschieht.

Bei den meisten ältern und auch noch bei den in neuerer Zeit in Ungarn, nach dem Hell'schen* Prinzip construirten Maschinen erreicht man dieß durch einen Hahn mit drei Oeffnungen, der in der Verbindungsröhre zwischen dem Kraftcylinder und der Einfallröhre angebracht ist; allein besonders bei großen Maschinen hat dieser Hahn bedeutende Nachtheile und bei den, nach dem Reichenbach'schen Prinzip erbauten Maschinen ist daher diese Hahnsteuerung durch die Kolbensteuerung ersetzt.

Mit dem Röhrenstück T ist ein ähnliches Stück T' verbunden, das an den Steuerungscylinder HH', zwischen dem Kraftcylinder und den Einfallröhren, angegossen ist. Von diesem Steuerungscylinder gehen in gleichen Entfernungen über und unter der Röhre T' die beiden horizontalen Röhren O und S ab. Die erstere ist das untere Ende der Einfallröhre und die eigentliche Admissionsröhre; die zweite ist die sogenannte Hinterwasserröhre, welche die benutzten Wasser abführt. In dem Steuerungscylinder bewegt sich der Steuerungskolben R, der abwechselnd eine Stellung in den beiden einander in Höhe und Weite gleichen, und hinsichtlich ihrer Stellung zu der Röhre T' symmetrischen, cylindrischen Räumen b c und b' c', einnimmt.

Wenn der Steuerungskolben R unter der Röhre T', also in dem Raume b' c' steht, so ist die Verbindung zwischen dem Kraftcylinder Y und der Hinterwasserröhre S verschlossen, wogegen der mit der Einfallröhre in Verbindung gesetzte Triebkolben P in die Höhe geht. Steht dagegen der Steuerungskolben über der Röhre T' in dem Raum b c, so ist der Zutritt der Kraftwasser unterbrochen, und der Ausfluß derselben durch die Hinterwasserröhre gestattet; der Kraftcylinder entleert sich demnach, und der Triebkolben sinkt nieder.

Der Kolben kann daher als die Steuerung der Maschine angesehen werden, sobald er selbst eine leichte und regelmäßige Bewegung erlangt hat, um nach einander und zu passender Zeit die Räume b c und b' c' einzunehmen.

Es scheint, als wenn dieser Kolben, der durch die Säule der Kraftwasser stets von oben nach unten gedrückt wird, einer bedeutenden Kraft bedürfe, entweder um von unten nach oben bewegt zu werden, oder um bei seinem Niedergange eine mäßige Geschwindigkeit zu behalten; allein diese doppelte Schwierigkeit ist vor der einfachen und sinnreichen Vorrichtung verschwunden, die wir jetzt beschreiben wollen.

Ein zweiter Kolben I, welcher an der Stange des erstern R befestigt ist, bewegt sich in einem Cylinder, der über der Hinterwasserröhre eine Erhöhung des Steuerungscylinders bildet. Da die innere Oberfläche des Kolbens I in steter Berührung mit der Säule des Kraftwassers steht, so entwickelt sich dadurch eine permanente Kraft, die von unten nach oben, d. h. in entgegengesetzter Richtung von

* Hell, Oberkunstmeister zu Schemnitz, erfand die Wassersäulenmaschine und wendete sie schon 1749 an. Schon früher hatte sie der Major Winterschmidt hier in Braunschweig auch erfunden und auf dem Oberharz, jedoch ohne guten Erfolg, ausgeführt; allein Hell scheint keine Kenntniß von der Winterschmidt'schen Erfindung gehabt zu haben.

der wirkt, welche auf den Steuerungskolben drückt. Läßt man daher einstweilen die Reibung und das Gewicht dieses Systems von Kolben unberücksichtigt, so würde ein Gleichgewicht unter ihnen statt finden, wenn ihre Durchmesser gleich wären; die geringste Kraftäußerung würde alsdann hinreichend sein, um die Bewegung des Steuerungskolbens nach Belieben zu bestimmen und zu mäßigen.

Das Verhältniß der Dinge ist aber nicht gänzlich so; der Durchmesser des Cylinders H' ist etwas größer, als bei b c und b' c', so daß der auf beide Kolben ausgeübte Druck nicht gleich, sondern stärker auf der Fläche des größern ist, und daß eine aufsteigende Bewegung folgen muß. Ist daher das System sich selbst überlassen, so erfolgt die Steuerung auf diese Weise, und der nach dem Raum b c gehende Kolben R bleibt so lange in dieser Stellung, bis eine neue Kraft auf ihn einwirkt.

Um diese umgekehrte Bewegung zu erlangen, ist es hinreichend, die den Kolben aufwärts treibende Kraft aufzuheben, und sie durch eine andere von entgegengesetzter Richtung zu ersetzen. Man erreicht diesen Zweck sehr einfach dadurch, wenn man (im günstigen Augenblick) auf die obere Fläche des obern Kolbens I eine stärkere Kraft einwirken läßt, als die oben erwähnte ist.

Diese Kraft wird momentan von der Kraftwassersäule entlehnt, indem man bei a_3 eine geringe Quantität davon mittelst einer kleinen Röhre ableitet, die bei o mit dem obern Theil des Cylinders H' in Verbindung steht. Derselbe ist durch eine mit Leder gefiederte Stopfbüchse geschlossen, in welcher sich ein Cylinder oder ein Muff K, welcher auf dem Kolben I befestigt ist, mit geringer Reibung auf und nieder bewegt. Dieser Cylinder hat den Zweck, die obere Oberfläche des genannten Kolbens zu vermindern, um dem hydrostatischen Druck, welchen man in dem ringförmigen Raum w ausüben will, nur auf diesen wirken zu lassen, dessen Oberfläche durch die Bedingungen des Niederganges von dem Kolben bestimmt worden ist.

Diese niedergehende Bewegung wird bewirkt, sobald das Wasser mittelst der Röhre a, a_1, a_2, a_3 in den ringförmigen Raum getreten ist. Sie hört nicht eher auf, bis daß der Kolben R den Raum b' c' einnimmt, welches den zweiten Theil der Steuerung bildet.

Um darauf den Kolben R wiederum in die Stellung b c emporsteigen zu lassen, muß man nicht allein die Verbindung zwischen der Kraftwassersäule und dem ringförmigen Raum w unterbrechen, sondern auch dem in demselben vorhandenen Wasser einen Abfluß verschaffen, welches mittelst der kleinen Röhren e, e_1, e_2, e_3, welche zu der Hinterwasserröhre führen, bewirkt wird. Die Kolben R und J werden alsdann, wie bemerkt, sogleich in die Höhe gehen, und der Kraftcylinder wird geleert werden.

Kleiner hydraulischer Apparat, um das Spiel der Steuerung zu reguliren. Um die beiden Wirkungen des Steuerungskolbens zu erlangen, muß man daher abwechselnd und zu gehöriger Zeit einen Wasserstrahl in den ringförmigen Raum w gelangen lassen, oder ihn leeren. Ein, in der kleinen Röhre o angebrachter Hahn mit drei Oeffnungen würde diesen Bedingungen entsprochen haben; allein man hat es doch vorgezogen, auch hier eine kleine Kolbensteuerung anzuwenden, welche nach denselben Grundsätzen wie die größere RIK construirt ist.

Zu dem Ende umschließt ein senkrechter Cylinder ei, der mit zwei Seitenröhren, a, o, versehen ist, zwei, mittelst einer Stange verbundene Kolben p, p', welche eine solche Stellung haben, daß sie von dem Wasser, welches stets an dem Punkte a vorhanden ist, in entgegengesetzter Richtung getrieben werden, und daß der Kolben p abwechselnd über und unter dem Röhrchen o stehen muß. Im erstern Fall kann sich der ringförmige Raum w entleeren, im zweiten ist dagegen eine Verbindung zwischen demselben und der Kraftwassersäule hergestellt.

Der Kolben p' ist mit einer starken Stange, i, versehen, die gleichsam eine Erhöhung desselben ist, und welche denselben Zweck wie der Cylinder k bei dem großen Steuerungskolben erfüllt und wie dieser durch eine mit Leder geliederte Stopfbüchse an dem obern Ende des Cylinders ei geht. Eine kleine Röhre u hat den Zweck, den Druck der bewegenden Säule auf den freien Theil der obern Fläche des Kolben p' zu übertragen. Diese kaum einmal 60 Pfund betragende Kraft hat den Zweck, einem gleichen Druck das Gegengewicht zu halten, der von unten nach oben auf den untern Kolben p, in der Auslassungsröhre, ausgeübt wird und der eine Folge der Stellung des Kraftcylinders dieser Maschine, 44½ Fuß rhein. unter dem Stollen, welcher auch die Hinterwasser abführt, ist.

Das Bewegungsprinzip der Maschine hängt demnach eben so einfach als vollständig von der gehörig geordneten Bewegung der kleinen Kolben p, p' ab, welche von der Hand eines Kindes verschoben werden können. Läßt man sie in die Höhe gehen, so steigt der Hauptsteuerungskolben sogleich auch, der Kraftcylinder wird entleert und der Kolben P sinkt. Läßt man sie dagegen niedergehen und die in der Figur angedeutete Stellung einnehmen, so sinkt der Steuerungskolben ebenfalls und der Triebkolben steigt, indem alsdann die Kraftwasser unter denselben treten können.

Das Spiel der Maschine ist daher vollkommen gesichert, wenn man annimmt, daß es ein leichtes und sicheres Mittel giebt, den kleinen Apparat zu gehöriger Zeit wirken zu lassen.

Man wird einsehen, daß es der Triebkolben P ist, welcher das Signal zur Bewegung geben und der die geringe, zu ihrer Hervorbringung nöthige Kraft liefern muß. Ein sehr einfacher Mechanismus erfüllt diesen doppelten Zweck.

Die kleinen Kolben p und p' sind nämlich bei t an eine gegliederte Stange aufgehängt, die, indem sie durch das Stück v'' v'' geht, in einem ersten Hebel v' t endigt, der seinen Stützpunkt in v' hat. Ein zweiter Hebel ss', der sich um den Punkt s' dreht, ist mit dem ersten v' t, mittelst einer kleinen Stange t' verbunden und hat an seinem andern Ende einen Kreisbogen s, dessen Bewegung durch eine gabelförmige, senkrecht stehende Stange rr' geleitet wird. Zwei Haken oder an dem Kreisbogen vorstehende Stücke 1 und 2 sind an den entgegengesetzten Seiten desselben befestigt. Diese Combination von Hebeln hat den Zweck, den Kolben p zu heben.

In dem Triebkolben ist bei f eine senkrechte eiserne Stange dd' eingeschroben, welche oben durch zwei Ringe g2 g3 geleitet wird, welche in einem, über dem Kraftcylinder angebrachten Bügel vorhanden sind. Die runde Stange dd' ist auf der Seite des Steuerungscylinders mit einer vierkantigen sehr glatt und eben gearbeiteten

Leiste versehen, die eben so stark wie der Kreisbogen s ist, mit welchem er auf dem ganzen Lauf des Kolbens R in Berührung bleibt. Zwei Hebedaumen 3 und 4 sind an den beiden entgegengesetzten Seiten der Leiste mittelst Schrauben befestigt, weshalb dieselbe mit einer Reihe von Löchern versehen ist, um die gegenseitige Stellung der Hebedaumen verändern zu können. Dieselben correspondiren übrigens den Haken oder hervorstehenden Theilen 1 und 2 des Kreisbogens.

Das Spiel des Mechanismus ist folgendes: Wenn der Triebkolben P, indem er dem Druck des Kraftwassers nachgiebt, sich in dem Kraftcylinder mit der Stange dd' erhebt, so nimmt der Hebedaumen 3, indem er den entsprechenden Haken des Kreisbogens trifft, diesen mit sich, und folglich steigen die kleinen Kolben p, p' in die Höhe. Bald aber läßt der Hebedaumen den Haken fahren und der Kolben P vollendet seinen Lauf, während die aufwärtsgehende Steuerung bewirkt wird, um die Admissionsröhre O zu verschließen und den Abfluß der Kraftwasser aus dem Cylinder zu bewirken.

Einen Augenblick darauf geht der Kolben P wieder herunter, der Hebedaumen 4 ergreift den Haken 2, der sich der Stange dd' in dem Maaß genähert, als sich der andere 1 davon entfernt hat. Der Kreisbogen geht wieder nieder und mit ihm die kleinen Kolben, welche wiederum die in der Fig. 1 angedeutete Stellung einnehmen. In diesem Augenblick fließen die Kraftwasser wieder ab und der Kolben P fährt zu sinken fort, bis er den niedrigsten Standpunkt seines Laufs erlangt hat, während derjenige Theil der Steuerung bewirkt wird, der den Zweck hat, den Kraftcylinder von Neuem mit der Wassersäule in Verbindung zu setzen, so daß er wieder emporsteigen kann.

Das hier beschriebene Steuerungssystem, welches der Maschine die Continuität der Bewegung sichert, beruhet auf der eben so neuen, als glücklichen Idee, der Kraftwassersäule selbst den kleinen Kraftaufwand zu entnehmen, mit der jede Steuerung versehen sein muß, um auch ohne unmittelbare Einwirkung des Hauptkolbens wirken zu können. Dieser Vorrath von Kraft, ohne welchen der Kolben in dem Augenblick, in welchem er die Grenzen seines Laufs erreicht hat und den umgekehrten beginnen muß, ohne Zweifel in Stillstand gerathen würde, ist bei andern Wassersäulen- und gewöhnlich auch bei den Dampfmaschinen in mehr oder minder schwere Massen gelegt worden, welche die Maschine erhebt, um sie fallen zu lassen, oder er liegt in Federn, Schwungrädern rc. Das hier beschriebene Mittel, welches mit einer großen Einfachheit den großen Vortheil vereint, mit dem Grundprinzip der Bewegung der Maschine selbst verbunden zu sein, hat auch noch den, ein leichtes Mittel an die Hand zu geben, die Bewegung des Steuerungskolbens nach Belieben mäßigen und beschleunigen zu können.

Diese Veränderungen der Geschwindigkeit der Steuerung, welche sehr wichtig sind, um auch den Triebkolben nach Belieben eine veränderte Geschwindigkeit mitzutheilen, erlangt man mit Hülfe zweier Hähne a, und e. Der erstere dient dazu, den in den ringförmigen Raum w dringenden Wasserstrahl mehr oder weniger zu beschränken; der andere bringt dieselbe Wirkung bei dem Wasserstrahl im Augenblick seines Ausflusses aus dem Raum w hervor. Die

Hähne können von dem Maschinenwärter mittelst eines Schlüssels gedrehet werden; sie geben auch ein leichtes Mittel an die Hand, die Maschine zum Stillstand zu bringen. Wenn nämlich der Kolben R die Mitte seines aufwärtsgehenden Laufes erreicht hat und vor den Röhren TT' steht, so ist es hinreichend, den Hahn e zu verschließen, um sogleich jede Bewegung der Maschine zu unterbrechen. Eben so leicht setzt man sie auch durch Oeffnen des Hahns e wieder in Gang. Ein gleiches Resultat erlangt man bei dem entgegengesetzten Gang des Kolbens R; allein alsdann muß man den Hahn a_1 schließen.

Um die Stöße zu vermeiden, die nothwendig veranlaßt werden würden, wenn man eine so hohe Wassersäule in ihrer Bewegung plötzlich aufhält, hat der Steuerungskolben eine solche Einrichtung, daß er die Oeffnungen, durch welche die Kraftwasser zuströmen oder abfließen, nicht plötzlich, sondern nach und nach verschließt. Der Kolben R ist ein genau abgedrehter und abgeschmergelter Cylinder, der dazu dient, die ebenfalls vollkommen cylindrischen Räume bc, b'c', ganz genau auszufüllen. In der Mitte und bis auf eine Höhe, die etwas bedeutender als die Weite bb' der Röhre T' ist, hat der Cylinder eine gänzlich ebene Oberfläche, oben und unten aber zeigt er acht Einschnitte, x' x'' . . . x, x_1, die aus der Abbildung deutlich werden. Geht nun z. B. der Kolben R aufwärts, so sieht man, daß derselbe, der den Raum b'c' einnahm, nachdem er über die Röhre T' hinaus ist, mit seiner obern Fläche den untersten Rand des Cylinders bc erreicht hat. In diesem Augenblick würde die Bewegung der Kraftwassersäule aufgehalten sein, wenn der Kolben voll wäre; allein da die Einschnitte noch ein Eindringen des Wassers gestatten, so fährt dieß fort, in stets abnehmender Menge in die Röhre zu dringen, bis daß die untern Theile der obern Einschnitte x' selbst in den Cylinder bc gelangt sind. Alsdann erst erreicht der Triebkolben die obere Grenze seines Laufes und die Wassersäule gelangt zum Stillstande. Weil aber fast in demselben Augenblick die obersten Punkte x der untern Einschnitte den Rand b' der Röhre erreichen, so beginnt auch der Abfluß der Kraftwasser nach der Hinterwasserröhre und auch der Niedergang des Kolbens P, dessen Bewegung in dem Maaß beschleunigt wird, als die Einschnitte x, x_1 frei werden und besonders dann, wenn die untere Basis des Kolbens R sich über den Punkt b' erhebt und den Punkt b, die Grenze seines Laufs, erreicht.

Gleich darauf beginnt die niedergehende Steuerung. Der Abfluß des Wassers aus dem großen Cylinder verzögert sich, sobald der zurückgehende Kolben R den Punkt b erreicht, und er hört bald gänzlich auf, wenn der Theil x, x_1 dieses Kolbens gänzlich von dem Raum b'c' umschlossen ist. Es erscheinen dann aber auch in der Röhre die untern Enden x' der obern Einschnitte, und mit ihnen die ersten Strahlen des Kraftwassers, die nun unter den Kolben P zu treten beginnen. Dieser Augenblick ist in der Fig. 1 dargestellt, indem der mit der Kraftwassersäule in Berührung gebrachte Kolben seine aufsteigende Bewegung angefangen hat. Die zuvörderst sehr geringe Geschwindigkeit nimmt nach und nach in dem Maaße zu, daß die Einschnitte größer werden, und erreicht ihr Maximum, wenn die Oeffnung der Röhre T' frei geworden ist. Der Kolben R gelangt nun bald wieder in den Raum b'c', von welchem er ausgegangen ist.

Der auf diese Weise eingerichtete Steuerungskolben trägt, sowohl beim Auf- als Niedergange, sehr wesentlich zur Erhaltung der Maschine bei: 1) er hebt gegen das Ende des jedesmaligen Triebkolbenlaufs nach und nach dessen Geschwindigkeit auf; 2) derselbe beginnt seinen Rückgang ganz unmerklich und ohne eine eigentliche, beginnende Geschwindigkeit. Die Kraft wirkt daher nie plötzlich auf den Kolben oder auf die Belastung der Maschine, nie zeigen sich Stöße, wenn die zu bewegenden, sowohl festen, als flüssigen Massen, aus dem Zustande der Ruhe herausgehen, oder wenn sie, besonders die Kraftwassersäule, in Ruhe versetzt werden.

Die Kolbensteuerung, welche der verewigte v. Reichenbach zuerst statt der ältern Hahnsteuerung, welche man in den weiter unten angeführten Schriften v. Gerstner und Schitko beschrieben findet, angewendet hat, gewährt auch noch einen andern Vortheil, den wir nicht übergehen dürfen. Sie gestattet die Anwendung einer gewissermaßen unbestimmten Admissionsöffnung, die wenigstens den Durchschnitt der Kraftwassersäule beträgt und folglich eine beliebige Verminderung des Widerstandes derselben zuläßt. Wenn aber der Durchmesser des Steuerungskolbens willkührlich ist, so läßt sich doch nicht dasselbe von seiner Länge, so wie von der Anzahl und der Größe der Einschnitte desselben sagen. Die darüber aus der Erfahrung abgeleiteten Regeln, denn rationelle Bestimmungen lassen sich darüber nicht machen, gebieten, daß die Länge des Kolbens wenigstens den dreifachen Durchmesser der Röhre T' betragen, und daß sie im Allgemeinen, so wie die Anzahl und Tiefe der Einschnitte, mit der Höhe der Kraftwassersäule, mit dem Volum der Kraftwasser und mit der der Maschine zu gebenden Geschwindigkeit zunehmen müsse. Die Bestimmung des Durchmessers von dem zweiten Kolben I, und von dessen Erhöhung, K, sind dagegen weit bestimmtern Regeln unterworfen. Nachdem man die mittlere Geschwindigkeit der Steuerung und die Dimensionen von den Hauptstücken derselben regulirt hat, werden die Kräfte, welche auf das System der Kolben, sowohl beim Auf- als Niedergange einwirken, so wie der hydraulische und der übrige Widerstand, den die Steuerung erleidet, aufgesucht und algebraisch ausgedrückt, und diese Näherungen sind für die Praxis vollkommen hinreichend. Im Allgemeinen ist es weit zweckmäßiger, diesen Widerstand der Steuerung etwas höher, als ihn zu gering anzunehmen, weil man sich mittelst kleiner Hähne gänzlich zum Herrn des Uebergewichts an Kraft in der einen oder der andern Richtung machen kann. Es hat dieß weiter keinen andern Nachtheil, als die unnütze Verwendung einer geringen Menge von den Kraftwassern, die aber so gering ist, daß sie gar nicht in Anschlag zu bringen ist.

Wir müssen zuvörderst noch bemerken, daß bei den in Baiern, auf den großen Soolenleitungen von Berchtesgaden nach Reichenhall und von dort nach Rosenheim vorhandenen, so wie bei mehren andern nach diesen construirten Wassersäulenmaschinen, von denen wir weiter oben eine beschrieben haben, statt der muffartigen Erhöhung des zweiten Kolbens K, ein dritter Kolben angewendet wird, der mit den beiden übrigen an einer Stange und unterhalb des Kolbens R befindlich ist. Obwohl eine solche Einrich-

tung unter gewissen Umständen recht zweckmäßig sein kann, so versperrt sie doch den Platz unter der Röhre T′ und den Steuerungscylinder, der für die Steigeröhren der Pumpen sehr nöthig ist und der auch deshalb möglichst frei bleiben muß, um überall zu den Steuerungstheilen gelangen zu können. Man hat daher zu Huelgoat der beschriebenen Vorrichtung den Vorzug gegeben.

Wir wenden uns nun wieder zu einer Vorrichtung, die ebenfalls den Zweck hat, den Gang der Maschine zu verändern. Wir haben schon weiter oben bemerkt, daß man dieß entweder dadurch bewirken könne, daß man die Entfernung der beiden Hebedaumen 3 und 4 an der Stange dd′ verändert, oder indem man — und dieß ist vorzuziehen — die Geschwindigkeit der Steuerung modificirt. Um aber vollkommen Herr des Spiels der Maschine zu sein, bedurfte man ein Mittel, die Geschwindigkeit des Laufs von demselben Kolben zu verändern und folglich die Anzahl der Hübe der Maschine zu reguliren. Man erreicht diesen Zweck mittelst der sogenannten Moderatoren oder kreisförmigen Klappenventile V, V′, welche in der Admissionsröhre O und in der Hinterwasserröhre S angebracht worden sind. Diese Ventile sind an senkrechten Axen befestigt, die sich unten und oben in der Wand der Röhre bewegen und die oben durch dieselbe gehen, indem sie mittelst kleiner Stopfbüchsen W, W′, wasserdicht erhalten werden. An dem obern Ende der Axe ist ein gezahnter Kreisbogen y 1, y′, (Fig. 1 und 2) angebracht, in dessen Zähne eine Schraube ohne Ende greift, die mittelst eines kurbelförmigen Schlüssels bewegt werden kann, wie man aus Fig. 2 ersehen kann. Will man die Geschwindigkeit des Aufganges von dem Kolben P verändern, so dreht man das Ventil V; soll dagegen die Geschwindigkeit des Niederganges modificirt werden, so dreht man das Ventil V′ in der Hinterwasserröhre. Es ist fast überflüssig, zu bemerken, daß man zur Hemmung der Geschwindigkeit die Ventile verschließt und daß man sie zur Beschleunigung öffnet.

Wir wenden uns nun noch zu einigen besondern Theilen der Maschine, um deren Beschreibung zu vollenden. So haben die Stücken U und I den Zweck, den Lauf des Steuerungskolbens RIK, oben und unten zu begrenzen. Wenn der Cylinder K den höchsten Punkt seines Laufs erreicht hat, so würde er freilich ohnehin schon durch die Stopfbüchse H″ aufgehalten werden; allein da die Schrauben, mittelst deren die Stopfbüchse mit dem Steuerungscylinder verbunden ist, durch wiederholte Stöße leicht lose werden konnten, so hat man es für zweckmäßiger gefunden, den Cylinder durch eine besondere Vorrichtung aufzuhalten. An der Stopfbüchse H″ sind zwei senkrechte Stangen befestigt und oben durch eine Querstange U verbunden. Diese letztere ist mit einer blechernen, aus zwei Theilen bestehenden Büchse U, U′, versehen, die sich in einander schieben können und in deren unterer ein elastisches Polster vorhanden ist.

Auf der andern Seite ist die Platte $e_1 e_1$, welche unten den Steuerungskolben HH′ verschließt, in der Mitte mit einem Becher I versehen, der stets mit Wasser angefüllt ist, und in den ein unter dem Steuerungskolben R sitzender Stab tritt, wenn jener herabgeht. Das alsdann mit Schwierigkeit aus dem Becher entweichende Wasser

wird ein hinlänglich großer Widerstand, die Bewegung der Steuerung ohne Stoß zu hemmen.

Ein ähnliches Mittel ist bei dem Kraftcylinder angewendet, im Fall der Kolben P die gewöhnliche Grenze seines Laufes, den obern Rand der Röhre T überschritte. Ein kleiner Cylinder Z, der mittelst Schrauben in der Mitte des Cylinderbodens befestigt ist, nimmt alsdann einen bleiernen Ansatz Z′ auf, der unten an dem Kolben angebracht worden, und die Bewegung hört alsdann ohne merklichen Stoß auf. — Uebrigens sind diese zuletzt beschriebenen Vorrichtungen weit eher Vorsichtsmaßregeln, als nothwendige Erfordernisse der Maschine, und sie sind daher an den meisten nicht vorhanden.

Wenn die Maschine, z. B. nach einer Reparatur, wobei sie gänzlich entleert werden mußte, wieder in Bewegung gesetzt werden soll, so würde die alsdann in allen ihren Theilen enthaltene Luft ein großes Hinderniß sein, wenn man nicht ein leichtes Mittel hätte, sie fortzuschaffen. Für den Triebkolben sind zu dem Ende zwei hohle Schrauben mit Seitenöffnungen, die eine an dem Punkt P, die andere, kleinere, an der Röhre o des Cylinders angebracht, welcher die kleinen Kolben p, p′ enthält. Auf den Abbildungen ist diese letztere nicht vorhanden. Um der Luft Zeit zu lassen, aus allen Maschinentheilen gehörig zu entweichen, muß man die Kraftwasser nur langsam herbeiströmen lassen, und wenn dieselben sich zeigen, so verschließt man die genannten Oeffnungen. Aber auch die Hinterwasserröhre S muß mit Wasser gefüllt werden, welches, da zwischen ihr und der Kraftwassersäule der Steuerungskolben R befindlich ist, mittelst der, mit einem Hahn versehenen Röhre e_1, e_2, e_3, geschieht. Auch zum Entleeren der Hinterwasserröhre ist diese Röhre anwendbar.

Wir reden nun von den Liederungen der Kolben und Stopfbüchsen. Der Triebkolben ist mit zwei verschiedenen Liederungen versehen; die erste besteht aus vier ledernen Ringen, die mittelst Nägeln mit einander verbunden sind und in einer schwalbenschwanzartigen Vertiefung an der Peripherie des Kolbens liegen. Die zweite Liederung besteht aus einem einzigen ledernen Ringe, der mittelst eines kupfernen Ringes und mittelst 24 Schrauben gegen die untere Fläche des Kolbens fest angedrückt und um diese Scheibe aufgekrempt ist, so daß er den Wänden des Treibcylinders eine größere Fläche zur Reibung darbietet.

Die Stopfbüchse an dem Cylinderboden, durch welche die Kolbenstange X geht, hat auch eine doppelte Liederung. Unten hat man mehre, sehr genau concentrische, lederne Ringe über einander gelegt und darauf kommt ein doppelt umgebogener, rinnenförmiger, lederner Ring, über dem ein kupferner Ring liegt, der auf der einen Seite eine ringförmige Leiste oder Erhöhung hat, und unter welchem ein anderer kupferner Ring mit einer rinnenförmigen Vertiefung liegt, in welche das Leder paßt, und in welches der Ringdeckel tritt. Ueber denselben liegen wieder gewöhnliche lederne Ringe. Das Ganze wird durch einen gußeisernen Deckel mit Schraubenbolzen fest gehalten. Aehnliche sind die Liederungen bei den übrigen Stopfbüchsen und bei dem Kolben I. — Die kleinen Kolben p′ und p bestehen aus Zinn, welches eine sehr geringe Reibung auf den Wänden des bronzenen Cylinders ausübt,

und der erstere ist auch noch mit einer Lederscheibe versehen.

Die Kraftwassersäule ist zu Huelgoat 74 Meter (236 rheinl. Fuß) hoch, wovon aber, wie schon bemerkt, 14 Meter (44½ Fuß) für das Steigen der Hinterwasserröhre, um dem sehr schweren, mit der Kolbenstange X verbundenen Schachtgestänge (siehe die zweite Abtheilung dieses Bandes) als Gegengewicht zu dienen, abgehen. Ein anderer Theil dieser Last des Gestänges wird durch das Saugen der Pumpen, welche die Maschine bewegt, balancirt. — Bei andern Wassersäulenmaschinen ist die Kraftwassersäule oft weit bedeutender und beträgt zuweilen über 1000 und mehre Fuß.

Aus der obigen Beschreibung werden unsere Leser ersehen, daß die Wassersäulenmaschinen außerordentlich sinnreich und ihre Leistungen sehr bedeutend sind. Zu Huelgoat sind zwei solcher Maschinen, wie die beschriebene, vorhanden, die neben einander liegen, aber nicht verbunden sind. Die Kolben machen jeder 5½ Hübe in der Minute; der Verbrauch an Kraftwassern beträgt in derselben Zeit ungefähr 10½ Kubikmeter (235 Kubikfuß), wodurch ungefähr 3½ Kubikmeter (124 Kubikfuß) aus einer Tiefe von 230 Metern (733 rhein. Fuß), ebenfalls in einer Minute gehoben werden. Die Höhe der Kraftwassersäule beträgt, wie wir sahen, 60 Meter (191½ Fuß).

Zu Clausthal hebt eine Maschine mit einer wirkenden Kraftsäule von 688 Fuß, die in der Minute vier Hübe macht und in derselben Zeit 32 Kubikfuß Wasser verbraucht, eine gleiche Quantität 361 Fuß hoch (s. das unten angeführte Werk von Zimmermann).

Literatur der Wassersäulenmaschinen: von Gerstner's Handb. der Mechanik, Bd. 3 (Prag 1834) S. 355 ꝛc. und Taf. 89 bis 93. — Schitko (Bergrath und Prof. an der Bergakademie zu Schemnitz in Ungarn), die Wassersäulenmaschine. Wien, 1834. — In diesen beiden Werken sind die Maschinen mit dem ältern Hell'schen Steuerungsprinzip, mittelst Hähnen, beschrieben; dagegen in den folgenden die nach dem Reichenbach'schen Prinzip construirten; Annales des Mines, 1835, Livr. 4, p. 95 etc. Livr. 5, p. 247. Livr. 6, p. 369. Daraus im 4. Bde. von Villefosse's Mineralreichthum, bearb. von C. Hartmann (Weimar, 1837) und polyt. Centralblatt 1836, Nro. 16 und 17. Portefeuille industriel par *Pouillet* et *Leblanc*. I Tome (Paris 1836) p. 94 etc., pl. 13 et 14.

Zimmermann, das Harzgebirge, in besonderer Beziehung zur Gewerbskunde, Darmstadt 1834, Bd. I, S. 378 ꝛc.

Jordan's Beschreibung der Wassersäulenmaschinen im Silberseegener Richtschacht bei Clausthal. Berlin 1837.

Achtes Capitel.

Von den Dampfmaschinen.

Dampf- oder Feuermaschine, Machine à feu, M. à vapeur, franz., Steam engine, engl., nennt man diejenigen Maschinen, welche durch Dampf in Bewegung gesetzt werden. Unter den verschiedenen bewegenden Kräften, welche zum Betriebe von Maschinen angewendet werden, zeichnet sich der Wasserdampf besonders aus und hat in neuerer Zeit bei vielen Anlagen vor andern Kräften den entschiedensten Vorzug erhalten. Die Maschine, durch welche dieser Dampf seine Wirkung ausübt, setzt jetzt eine Menge Vorrichtungen in Bewegung, zu welcher sonst die Kräfte der Menschen und der Thiere, des Wassers, des Windes hätten angewendet werden müssen, und wurde zuerst hauptsächlich da im Großen ausgeführt, wo die genannten übrigen Kräfte nicht ausreichend waren. Vor der Menschen- und Thierkraft hat die Dampfmaschine den Vorzug einer gleichmäßigern und einer größern Wirkung in einem geringern Raum. Der Preis der Menschen- und Thierkraft ist dabei von einer Menge von Umständen abhängig, die ihn in kurzen Zeiträumen vermehren oder vermindern, und sie ist daher bei ihrer unvermeidlichen Ungleichförmigkeit, besonders wenn große Wirkungen hervorgebracht werden sollen, noch überdieß ungewiß. Das Wasser wirkt freilich gleichförmig, allein seine Benutzung ist an Localitäten gebunden, die sich häufig für die Anlage von Maschinen nicht eignen; auch hängt die Größe seiner Wirkung von den Localitäten ab. — Wind kann zu solchen Arbeiten, die eine ununterbrochene Dauer nöthig machen, gar nicht benutzt werden.

In den Fällen, wo man eine von diesen Kräften für die Bewegung irgend einer Maschine wählen kann, wird es darauf ankommen, welche die am wenigsten kostbare ist. Diese Vergleichung hängt von den Erfahrungen ab, die bei der Anwendung dieser Kräfte gemacht worden sind. Auch da, wo keine Wahl gestattet, ist es wichtig, die Kraft mit dem geringsten Kostenaufwande wirken zu lassen und ihn daher vorher beurtheilen zu können. Diese Beurtheilung kann sich aber nur auf die Kenntniß der innern Einrichtung der Maschinen und der damit gemachten Erfahrungen gründen.

Bei der außerordentlichen Menge und Verschiedenheit der Dampfmaschinen, den verschiedenen Prinzipien, worauf sie beruhen und dem oft sehr künstlichen Bau des Ganzen, so wie der zahlreichen einzelnen Theile, ist es bei dem uns hier eng zugemessenen Raum nur möglich, einige der wichtigsten, jetzt in Anwendung stehenden Dampfmaschinen zu beschreiben. Das Geschichtliche müssen wir hier ebenfalls unberücksichtigt lassen. Ehe wir aber zu der Beschreibung der Maschinen übergehen, müssen wir zuvörderst den Dampf

und seine Eigenschaften kennen lernen und dann eine allgemeine Eintheilung der Dampfmaschinen mittheilen.

Von dem Dampfe.

Man sagt von einem festen oder tropfbar flüssigen Körper, er verdampfe, wenn er durch Aufnahme von Wärme in den luftförmigen Zustand übergeht, und nennt ihn selbst Dampf, so lange er in diesem Zustande beharrt. Man unterscheidet wohl Dampf und Dunst und bezeichnet mit Dampf den vollkommen durchsichtigen Zustand, in welchem sich z. B. die Feuchtigkeit bei heiterem Himmel in der Luft befindet, mit Dunst den nebelartigen Zustand, bei welchem sie sich in Gestalt kleiner Bläschen niederzuschlagen anfängt. Manche Physiker kehren diese Bezeichnung gerade um, und die meisten gebrauchen beide Worte als gleichbedeutend für erstern Zustand, auf dessen Betrachtung wir uns auch hier nur beschränken.

1) Spannkraft oder Druck der Dämpfe. Der sich aus einer Flüssigkeit entbindende Dampf strebt, sich nach allen Richtungen hin auszudehnen oder aus einander zu weichen, und zwar mit um so größerer Gewalt, je dichter und je heißer er ist. Vermöge dieses Auseinanderbestrebens drängt er gegen alle Körper an, sowohl gegen die ihn umschließenden, als gegen die sich in ihm befindenden, und er vermag daher bei hinreichender Dichtigkeit und Hitze, selbst starke Gefäßwände zu sprengen, wie das Zerspringen der Dampfkessel, so wie jedes festverschlossenen Gefäßes, worin man eine Flüssigkeit stark erhitzt, beweist. Diese drängende oder drückende Kraft des Dampfes nennt man nun dessen Spannkraft, mit welchem Ausdruck Tension, Expansivkraft, Druck, Elasticität des Dampfes gleichbedeutend sind. Diese Kraft allein bedingt das ganze Spiel der Dampfmaschinen mit Hochdruck; denn indem der aus dem Dampfkessel entwickelte Dampf in den Cylinder der Dampfmaschine strömt, drückt er vermöge seiner Spannkraft auf den darin befindlichen Kolben und setzt diesen und die damit verbundenen Theile hierdurch in Bewegung.

Es ist demnach wichtig zu wissen, wie man diese Kraft messen kann, und wovon sie abhängt; gewöhnlich drückt man es durch Zolle Quecksilberhöhe oder durch Atmosphären aus, was auf Folgendem beruhet. Wenn man ein gewöhnliches Barometer in einen von Luft und Dampf ganz freien Raum brächte, so würde das, was man Barometerhöhe nennt, völlig verschwinden, d. h. das Quecksilber gleich hoch in beiden Schenkeln des Heberbarometers oder in dem Gefäße und der Röhre des Gefäßbarometers stehen, weil der einseitige Druck, den die Luft in freier Atmosphäre auf das Quecksilber äußert, und durch den es hinaufgedrückt wird, hier wegfiele. Läßt man aber Dampf in den leeren Raum zu, in welchem sich das Barometer befindet, so wird dieser durch seine Spannkraft gerade so auf die freie Oberfläche des Quecksilbers drücken, als sonst die Luft, und das Quecksilber um so höher in den zugeschmolzenen Schenkel hinauf drücken, je größer seine Gewalt ist. Mit andern Worten, der einseitig auf die freie Quecksilberfläche drückende Dampf wird, da im zugeschmolzenen Schenkel kein Dampf gegendrückt, wieder eine Barometerhöhe erzeugen, und diese wird im Verhältniß der Spannkraft des Dampfes stehen, von der sie erzeugt wird, so daß z. B. eine Barometerhöhe von 14 Zoll eine halb so große Spannkraft anzeigen wird, als eine solche von 28 Zoll. Hierdurch wird von selbst klar, wie das Maaß der Spannkraft durch Zolle Quecksilberhöhe zu verstehen ist. Gedeiht nun die Spannkraft des Dampfes so weit, daß sie einen Barometerstand von 28 pariser Zoll hervorbringt, so leistet sie dasselbe, was sonst die Atmosphäre leistet, wenn das Barometer ihrem Drucke ausgesetzt ist, da der Barometerstand in freier Luft im Durchschnitt, mindestens an der Meeresfläche (freilich mit Schwankungen des Mehr und Minder) zu 28 Zoll angenommen werden kann, und man sagt dann, seine Spannkraft sei gleich der einer Atmosphäre. Eine Spannkraft von einer Atmosphäre ist also gleichgeltend einer Spannkraft von 28 Pariser Zoll, von ½ Atmosphäre gleich 14 Zoll, von 2, 3 Atmospären gleich 56, 74 Zoll u. s. f. — Es mag übrigens bemerkt werden, daß man in dieser Annahme der durchschnittlichen Größe eines Atmosphärendrucks nicht überall vollständig übereinstimmt. Die Annahme von 28 Zoll Quecksilberhöhe wird gewöhnlich in Deutschland gebraucht; die Franzosen nehmen durchgängig 76 Centimeter oder 28,0754 par. Zoll, die Engländer 30 engl. Zoll, oder 28,1457 par. Zoll bei Schätzung des Dampfdrucks dafür an, welche Größen jedoch, wie man sieht, nur wenig von einander abweichen. Auch sind genau genommen diese Höhen auf eine Temperatur des Quecksilbers von 0 Reaumur oder Celsius reducirt zu verstehen.

Auch folgende Methode kann dienen, die Spannkraft des Dampfes zu messen. Man bringt in einem festen Gefäße, z. B. in einem Dampfkessel oder Digestor, eine Oeffnung an, welche durch ein Ventil (eine Klappe) geschlossen ist, das durch Gewichte auf die Oeffnung niedergedrückt wird. Der in dem Gefäß eingeschlossene Dampf wird durch seine Spannkraft gegen das Ventil drücken, es zu öffnen streben und wirklich öffnen, wenn seine Spannkraft das herabdrückende Gewicht zu überwältigen vermag. So kann man nun die Gewichte, welche nun eben erforderlich sind, diese Oeffnung zu verhindern, als Maaß der Spannkraft des Dampfs gebrauchen.

Beide Arten der Messung des Dampfdrucks lassen sich aufeinander zurückführen. Die Kraft nämlich, mit welcher ein Dampf, dessen Druck z. B. durch 32 Zoll Quecksilberhöhe gemessen wird, auf 1 Quadratzoll oder 1 Quadratfuß der Oberfläche des ihn einschließenden Gefäßes drückt, ist so groß als der Druck, den dieser Quadratzoll oder Quadratfuß, wenn er horizontal läge, durch das Gewicht einer auf ihm lastenden, ihn ganz bedeckenden Quecksilbersäule erfahren würde, welche eine Höhe von 32 Zoll hätte. Da man nun aus dem specifischen Gewicht des Quecksilbers weiß, wie viel dieß Gewicht beträgt, so kann man auch solchergestalt für jede gegebene Größe der Oberfläche die darauf wirkende Spannkraft in Pfunden ausdrücken, und in der That wird man, um die Oeffnung eines Ventils von gegebener Flächengröße bei gegebener Spannkraft des Dampfes zu verhüten, genau eine solche (oder eine größere) Belastung desselben anwenden müssen, als dem letztgefundenen Maaße der Spannkraft in Pfunden entspricht. Ueber Abhängigkeit der Spannkraft der Dämpfe von der Temperatur vergleiche man die weiterhin folgenden Tabellen.

2) Sättigung der Dämpfe. Ein verschlossener Raum vermag bei gleichbleibender Temperatur stets nur eine gewisse Quantität Dämpfe aufzunehmen; ist er mit dieser angefüllt, so hört die fernere Verdampfung der in ihm befindlichen Flüssigkeit auf, so lange die Temperatur nicht erhöhet wird. Man sagt dann von ihm, er sei mit Dampf gesättigt, und nennt den Dampf selbst unter solchen Umständen gesättigten Dampf, oder Dampf vom Maximo der Dichtigkeit. Für praktische Anwendungen kommen fast nur Dämpfe im Sättigungszustande in Betracht, und in den Dampfkesseln ist auch immer Wasser genug vorhanden, um den Raum im Sättigungszustande zu erhalten. Wir reden daher hier auch nur hauptsächlich von gesättigten Dämpfen.

3) Dichtigkeit gesättigter Dämpfe. Das Verhältniß der Dichtigkeit jedes gesättigten Dampfes zur Dichtigkeit der atmosphärischen Luft, beide unter gleichem Druck und gleicher Temperatur genommen, ist eine constante Größe. Die Dichtigkeit des Wasserdampfes ist unter dieser Rücksicht 0,62010 von der atmosphärischen Luft (nach Atomgewichten berechnet), statt welcher Größe man häufig die fast damit übereinstimmende Größe 5/8, welche Gay-Lussac durch Versuche fand, angewendet findet. Setzt man nun die Dichtigkeit der Luft von 0° R. und der Spannkraft e (z. B. 28 Zoll) gleich 1, so ergiebt sich die Dichtigkeit des gesättigten Dampfs von t° und der Spannkraft E

$$= 0{,}62010 \left(\frac{213{,}33}{213{,}33 + t}\right)\frac{E}{e} = \left(\frac{13{,}229}{213{,}33 + t}\right)\frac{E}{e}.$$

Da nun das Dichtigkeitsverhältniß der Luft gegen Wasser von gegebener Temperatur bekannt ist, so läßt sich hieraus leicht berechnen, wie viel gesättigten Dampf von gegebener Temperatur und Spannkraft ein gegebenes Volum Wasser zu liefern vermag. — In der ersten der weiterhin folgenden Tabellen findet man hiernach berechnete Bestimmungen über die Dichtigkeit des Wasserdampfes bei verschiedenen Temperaturen.

4) Abhängigkeit der Spannkraft von der Temperatur. Nicht nur die Dichtigkeit, sondern auch die Spannkraft gesättigter Dämpfe nimmt mit der Temperatur derselben zu, und zwar in stärkerm Verhältniß, als die Temperatur selbst. Ist die Temperatur eines gesättigten Dampfes bekannt, so mag man aus den darüber vorhandenen Tabellen seine Spannkraft genau zu bestimmen. Die Temperatur des Dampfes stimmt, so lange er nicht von Außen abgekühlt wird, immer mit der Temperatur der Flüssigkeit überein, aus der er sich entbindet; so daß z. B. das Thermometer gleich hoch steigt, mag man es in eine siedende Flüssigkeit oder in den sich daraus bildenden Dampf tauchen. Daher reicht es hin, die Temperatur einer Flüssigkeit zu kennen, um zu wissen, welche Spannkraft der sich daraus entbindende Dampf hat. Das Gesetz, nach welchem mit der Temperatur die Spannkraft gesättigter Dämpfe wächst, ist noch nicht genau bekannt und alle bis jetzt zur Darstellung dieses Gesetzes aufgestellte Formeln entsprechen der Erfahrung nur immer innerhalb gewisser Grenzen.

Die nachfolgende erste Tabelle (aus Prechtl's technologischer Encyklopädie, Bd. III, Artikel „Dampf“, S. 505 rc. entlehnt) enthält die Spannkräfte der Wasserdämpfe von

0° bis 100° Reaum., wie sie sich nach folgender Formel ergeben:

$$\log. E = \log. (213 + t) + 2{,}8435 - \frac{847{,}3}{140 + t},$$

worin E die Elasticität des Dampfes in Wiener Zoll Quecksilberhöhe bezeichnet, welche der Reaumur'schen Temperatur t zugehört, und worin die Constanten durch Prof. Arzberger's Versuche bestimmt sind. In der sechsten Spalte ist die Anzahl der Kubikfuße Wasserdampf von der zugehörigen Temperatur beigefügt, welche aus 1 Pfund Wasser von mittlerer Temperatur gebildet werden, wobei das Gewicht eines Wiener Kubikfußes Wassers von dieser Temperatur zu 56,3 Wiener Pfund angenommen ist. Die siebente Spalte enthält die Dichtigkeit des Dampfes gegen Wasser von dieser Temperatur, also die Dichtigkeit des Wassers = 1 gesetzt. Diese Zahlen entstehen auch, wenn man die Anzahl der Kubikfuße der sechsten Spalte mit 56,3 multiplicirt und mit diesem Producte 1 dividirt. Die Werthe dieser Tabellen entsprechen sehr gut den von Ure und Andern direct durch Erfahrung gefundenen Werthen; wollte man aber dieselbe nach der nämlichen Formel bis über 100° Reaum. fortführen, so würde man zu niedrige Spannkräfte finden, daher wir für höhere Temperaturen noch eine zweite, insbesondere für die Praxis der Dampfmaschinen nützliche, Tabelle beifügen, welche die Werthe der Spannkräfte bis zu inclus. 10 Atmosphären so enthält, wie sie durch die neuern Versuche der französischen Physiker (bis zu einem Druck von 24 Atmosphären gehend) festgestellt worden sind. Sie lassen sich von (incl.) 5 Atmosphären sicher bis zu 50 Atmosphären nach folgender Formel berechnen:

$$t = \frac{\sqrt[5]{e} - 1}{0{,}7153},$$

wo e die Elasticität der Atmosphären bezeichnet und t die Temperatur 100° C., wobei das Intervall von 100° C. als Einheit genommen ist. Die dritte Tabelle enthält die nach derselben Formel bestimmten Werthe von 11 Atmosphären an blos nach französischen Maaßen, weil diese höhern Werthe in der Praxis wenig mehr vorkommen.*

* Hr. Director August zu Berlin stellt in der von ihm bearbeiteten 4. Aufl. von „Fischer's Lehrbuche der mechanischen Naturlehre“, Thl. 1, folgende Formel für die größeste Spannkraft der Dämpfe auf:

$$e = \left[a\,(1 + \alpha\, t)\right]^{\frac{w\,(n - 1)}{n\,(w + 1)}},$$

in welcher e den Werth der größesten Spannkraft bei einer Temperatur von t Graden (z. B. bei t Centesimalgraden des Luftthermometers), a denselben Werth bei einer Temperatur von 0 Grad ausgedrückt in Atmosphären (a = 0,006597 Atmosphären) bedeutet, α den Werth $\frac{1}{1028{,}4}$; — w die Temperatur, bei welcher die Verdunstung aufhört (also — w = 266⅔° C. Luftthermometer, n die Anzahl der Grade über 0, welche das Thermometer in der Siedhitze angiebt (n = 100° C. des Luftthermometers). Die obige Formel wird also für den Fall, daß man nach Centesimalgraden rechnet, auch so geschrieben werden können:

Tabelle I. Ueber die Spannkraft und Dichtigkeit der Wasserdämpfe bei Temp. von 0° bis 80° R.

Temperatur. R.	Temperatur. C.	Spannkraft ausgedrückt in Quecksilbersäulen von 0° R. nach Wien. Z.	Spannkraft ausgedrückt in Quecksilbersäulen von 0° R. nach Par. Z.	Druck des Dampfes in Wien. Pf. auf 1 Wien. □Z.	Anzahl der Wien. K. Z. Dampf aus 1 Wien. Pf. Wasser.	Dichtigkeit des Dampfs gegen jene des Wassers = 1.
0°	0°	0,132	0,128	0,058	4785,6	0,0000037
1	1,25	0,146	0,142	0,065	4333,7	0,0000041
2	3,5	0,162	0,157	0,072	3931,5	0,0000045
3	4,75	0,179	0,174	0,079	3571,3	0,0000050
4	5	0,198	0,192	0,087	3248,5	0,0000055
5	6,25	0,218	0,212	0,096	2958,7	0,0000060
6	7,5	0,240	0,234	0,106	2698,2	0,0000066
7	8,75	0,264	0,257	0,117	2463,8	0,0000072
8	10	0,290	0,282	0,128	2252,4	0,0000079
9	11,25	0,319	0,310	0,141	2061,7	0,0000086
10	12,5	0,349	0,340	0,155	1889,3	0,0000094
11	13,75	0,382	0,372	0,169	1733,5	0,000010
12	15	0,418	0,407	0,185	1592,2	0,000011
13	16,25	0,457	0,444	0,202	1464,0	0,000012
14	17,5	0,498	0,485	0,220	1347,6	0,000013
15	18,75	0,543	0,529	0,240	1241,9	0,000014
16	20	0,591	0,575	0,262	1145,7	0,000015
17	21,25	0,643	0,626	0,285	1057,9	0,000017
18	22,5	0,699	0,680	0,309	977,95	0,000018
19	23,75	0,759	0,738	0,336	904,86	0,000020
20	25	0,823	0,801	0,364	838,06	0,000021
21	26,25	0,891	0,867	0,394	776,93	0,000023
22	27,5	0,964	0,939	0,427	720,95	0,000025
23	28,75	1,043	1,015	0,461	669,60	0,000027
24	30	1,127	1,096	0,498	622,46	0,000029
25	31,25	1,216	1,183	0,538	579,17	0,000031
26	32,5	1,311	1,267	0,580	539,35	0,000033
27	33,75	1,413	1,375	0,625	502,69	0,000035
28	35	1,521	1,480	0,673	468,92	0,000038
29	36,25	1,636	1,592	0,724	437,78	0,000041
30	37,5	1,758	1,711	0,778	409,05	0,000043

$$e = \left[\left(0{,}006597\right)\left(1 + \frac{t}{1028{,}4}\right)\right]^{\frac{100 - t}{100 + \frac{3}{8} t}} \text{ oder}$$

$$= \left[\frac{0{,}006597\ (1028{,}4 + t)}{1028{,}4}\right]^{\frac{100 - t}{100 + \frac{3}{8} t}}$$

$$= \left[\frac{6415\ (1028{,}4 + t)}{1000000}\right]^{\frac{100 - t}{100 + \frac{3}{8} t}}.$$

Die nach dieser Formel berechneten Resultate, stimmen sowohl für die niedern, als auch für die höhern Temperaturen auf eine überraschende Weise mit den durch sorgfältige Beobachtungen gegebenen Werthen überein.

Temperatur. R.	Temperatur. C.	Spannkraft ausgedrückt in Quecksilbersäulen von 0° R. nach Wien Z.	Spannkraft ausgedrückt in Quecksilbersäulen von 0° R. nach Par. Z.	Druck des Dampfes in Wien. Pf. auf 1 Wien. □Z.	Anzahl der Wien. K. Z. Dampf aus 1 Wien. Pf. Wasser	Dichtigkeit des Dampfs gegen jene des Wassers = 1.
31	38,75	1,888	1,837	0,835	382,49	0,000046
32	40	2,025	1,971	0,896	357,94	0,000050
33	41,25	2,171	2,113	0,961	335,23	0,000053
34	42,5	2,326	2,264	1,029	314,18	0,000057
35	43,75	2,490	2,423	1,102	294,69	0,000060
36	45	2,664	2,592	1,179	276,60	0,000064
37	46,25	2,847	2,771	1,260	259,81	0,000068
38	47,5	3,041	2,960	1,346	244,21	0,000073
39	48,75	3,246	3,159	1,436	229,71	0,000077
40	50	3,463	3,369	1,532	216,20	0,000082
41	51,25	3,691	3,592	1,633	203,65	0,000087
42	52,5	3,931	3,826	1,740	191,93	0,000093
43	53,75	4,185	4,072	1,852	181,01	0,000098
44	55	4,452	4,332	1,970	170,82	0,000104
45	56,25	4,733	4,606	2,094	161,31	0,000110
46	57,5	5,028	4,893	2,225	152,42	0,000117
47	58,75	5,339	5,195	2,362	144,10	0,000123
48	60	5,665	5,513	2,507	136,32	0,000130
49	61,25	6,008	5,846	2,658	129,04	0,000138
50	62,5	6,368	6,197	2,818	122,21	0,000145
51	63,75	6,745	6,564	2,985	115,82	0,000153
52	65	7,141	6,948	3,160	109,82	0,000162
53	66,25	7,555	7,352	3,343	104,18	0,000170
54	67,5	7,989	7,774	3,535	98,895	0,000180
55	68,75	8,443	8,216	3,736	93,922	0,000189
56	70	8,919	8,679	3,946	89,250	0,000199
57	71,25	9,416	9,162	4,166	84,852	0,000209
58	72,5	9,935	9,668	4,390	80,712	0,000220
59	73,75	10,478	10,196	4,636	76,813	0,000231
60	75	11,045	10,748	4,887	73,140	0,000243
61	76,25	11,637	11,324	5,149	69,673	0,000255
62	77,5	12,254	11,924	5,423	66,405	0,000267
63	78,75	12,897	12,551	5,707	63,320	0,000281
64	80	13,569	13,204	6,004	60,406	0,000294
65	81,25	14,268	13,884	6,313	57,653	0,000308
66	82,5	14,997	14,593	6,636	55,049	0,000323
67	83,75	15,755	15,331	6,971	52,589	0,000338
68	85	16,544	16,099	7,320	50,258	0,000353
69	86,25	17,365	16,898	7,684	48,053	0,000370
70	87,5	18,219	17,729	8,062	45,963	0,000386
71	88,75	19,107	18,592	8,454	43,984	0,000404
72	90	20,029	19,490	8,862	42,106	0,000422
73	91,25	20,987	20,422	9,286	40,325	0,000440
74	92,5	21,981	21,389	9,726	38,636	0,000460
75	93,75	23,012	22,393	10,182	37,032	0,000480
76	95	24,083	23,436	10,657	35,508	0,000500
77	96,25	25,194	24,516	11,148	34,059	0,000521
78	97,5	26,345	25,636	11,657	32,685	0,000543
79	98,75	27,538	26,797	12,185	31,376	0,000566
80	100	28,775	28,001	12,732	30,129	0,000589

verminderte sich die
d. Dampf ungefähr
Wasserhalb so viel
50 Atmo. Gewicht
Falle

Tabelle II. Ueber die Spannkraft des Wasserdampfs von 1 bis 10 Atmosphären.

Temperatur nach dem Quecksilberthermometer.		Spannkraft des Wasserdampfs ausgedrückt in						Druck, welchen der Dampf ausübt auf				Temperatur C.	Spannkraft d. Wasserdampfs in Atmosph. zu 0,76 Meter von 0° R.
		Atmosphären zu 0,76 M. von 0° R.	Quecksilbersäulen auf 0° R. reducirt.					1 □ Centim.	1 □ Z. Wien.	1 □ Z. Preuß.	1 □ Z. Dresdn.		
R.	C.		Meter.	Wien. Zoll.	Pariser Zoll.	Preuß. Zoll.	Dresdner Zoll.	Kilogram.	Wien. Pf.	Preuß. Pf.	Leipziger Pf.		
80	100	1	0,76	23,410	28,075	29,058	32,197	1,033	12,800	15,108	12,313	180,03	11
89,76	112,2	1½	1,14	35,114	42,013	43,587	48,295	1,549	19,195	22,655	18,464	190,0	12
97,12	121,4	2	1,52	46,819	56,150	58,116	64,393	2,066	25,601	30,217	24,627	193,7	13
103,04	128,8	2½	1,90	58,524	70,188	72,645	80,491	2,582	31,995	37,763	30,777	197,19	14
108,08	135,1	3	2,28	70,229	84,225	87,174	96,590	3,099	38,402	45,325	36,940	200,48	15
112,48	140,6	3½	2,66	81,933	98,263	101,703	112,688	3,615	44,796	52,872	43,091	203,60	16
116,32	145,4	4	3,04	93,638	112,301	116,232	128,786	4,132	51,203	60,433	49,253	206,57	17
119,25	149,06	4½	3,42	105,346	126,338	130,762	144,884	4,648	57,597	67,980	55,404	209,4	18
122,46	153,08	5	3,80	117,048	140,376	145,291	160,983	5,165	64,003	75,541	61,567	212,1	19
125,44	156,8	5½	4,18	128,752	154,413	152,820	177,081	5,681	70,397	83,088	67,718	214,7	20
128,16	160,2	6	4,56	140,457	168,451	174,349	193,179	6,198	76,803	90,650	73,880	217,2	21
130,78	163,48	6½	4,94	152,162	182,489	188,878	209,278	6,714	83,197	98,196	80,031	219,6	22
133,20	166,5	7	5,32	163,867	196,526	203,407	225,376	7,231	89,604	105,757	86,194	221,9	23
135,50	169,37	7½	5,70	175,571	210,564	217,936	241,474	7,747	95,998	113,304	92,344	224,2	24
137,68	172,1	8	6,08	187,276	224,601	232,465	257,572	8,264	102,405	120,866	98,507	226,3	25
141,68	177,1	9	6,84	210,686	252,676	261,521	289,777	9,297	115,205	135,977	110,824	352,55	40
145,28	181,6	10	7,60	234,095	280,75	290,578	321,974	10,33	128,006	151,083	123,136	365,89	50

5) **Siedpunkt der Flüssigkeiten** ist die Temperatur, in der ihre Dämpfe gleiche Spannkraft mit der umgebenden Atmosphäre haben, und sich daher, ungehindert durch den Druck, mit völliger Freiheit zu entwickeln anfangen. Erhitzt man eine Flüssigkeit unter solchen Umständen, daß die sich bildenden Dämpfe frei in der Luft entweichen können, so wird ihre Hitze und hiermit die Spannkraft der Dämpfe nur bis zu einem gewissen Punkte gesteigert werden können, welcher eben durch die Erscheinung des Siedens charakterisirt ist. Wie viel Feuer man auch von da an noch einwirken lassen mag, Hitze und Spannkraft der Dämpfe werden sich nicht weiter erhöhen lassen, so lange die freie Entwickelung der letztern unbeschränkt bleibt. Bekanntlich fällt dieser Siedpunkt beim Wasser bei 80° R. oder bei 100° C. Erhitzt man dagegen eine Flüssigkeit in verschlossenem Raume, so daß die sich bildenden Dämpfe am freien Entweichen verhindert sind, so läßt sich die Hitze, die Spannkraft und Dichtigkeit der letztern ins Unbestimmte vermehren. Daher rührt es, daß Wasser im fest verschlossenen Papin'schen Topfe oder Digestor, so wie in den Dampfkesseln eine viel höhere Temperatur als 80° R. anzunehmen vermag, zugleich aber die Dämpfe eine solche Spannkraft erlangen können, daß sie die umschließenden Wände sprengen, wenn diese nicht sehr fest sind. Eben daher rührt es, daß eine kochende Flüssigkeit am Boden des Gefäßes immer eine etwas höhere Temperatur hat, als an der Oberfläche, weil die Dämpfe wegen des Drucks der Flüssigkeit unten weniger frei entweichen können, als oben. Die Spannkraft der gesättigten Dämpfe aller Flüssigkeiten ist bei ihrem Siedpunkte (der aber verschieden ist für verschiedene Flüssigkeiten) gleich, nämlich gleich dem Druck einer Atmosphäre; wonach z. B. der Druck des absoluten Alkohols bei ungefähr 62° R. (dem Siedpunkt desselben) dieselbe Spannkraft von 28 Zoll hat, als Wasser bei 80°. Je niedriger mithin der Siedpunkt einer Flüssigkeit ist, um desto geringere Temperatur erfordert sie zur Erlangung einer gegebenen Spannkraft, und es gilt, zwar nicht genau, aber doch annäherungsweise, das Gesetz, daß den Dämpfen aller Flüssigkeiten bei gleichen Graden unter oder über ihrem Siedpunkte gleiche Spannkräfte angehören, wonach z. B. Dampf von absolutem Alkohol bei 52° R. ungefähr dieselbe Spannkraft haben wird, als Wasserdampf von 70°.

6) **Latente Wärme der Dämfe.** Von der Wärme, welche das Verdampfen bewirkt, wird ein gewisser Antheil in solcher Art verschluckt (ja die Dampfbildung beruht nur selbst auf dieser Verschluckung), daß es für Gefühl und Thermometer unmerklich wird, daher jede Verdampfung Wärme mindernd oder Kälte erzeugend wirkt, um so mehr, je rascher sie von Statten geht. Man befeuchte z. B. die Hand oder die Kugel eines Thermometers mit Wasser, oder dem noch schneller verdampfenden Schwefeläther, und blase darauf, um durch Luftzug die Verdampfung zu beschleunigen, so wird das starke Kältegefühl der Hand, oder das

schnelle Sinken des Quecksilbers im Thermometer deutlich beweisen, daß der Dampf, um sich zu bilden, den umgebenden Körpern Wärme entzieht. Der Antheil Wärme, der vom Dampf zu seiner Bildung verbraucht und hierdurch in unwirksamen Zustand versetzt wird, nennt man latente Wärme. Wird Dampf wieder tropfbar flüssig, so wird diese latente Wärme wieder frei, wirkt wieder auf Gefühl und Thermometer, worauf hauptsächlich die Anwendung der Dämpfe zur Erwärmung beruht; denn mehr als die freie Wärme, die sie schon als Dämpfe besitzen, wirkt hierbei die latente Wärme, die sie bei ihrer Verdichtung wieder frei werden lassen. Da nach dem Mittel der Versuche mehrer Physiker die Wärmemenge, welche von 1 Pfd. siedendheißem Wasser noch aufgenommen werden muß, um ohne Erhöhung seiner Temperatur in Wasserdampf überzugehen, hinreichend sein würde, 428 Pfund Wasser von 0° R. um 1° R. zu erwärmen, oder 1 Pfund Wasser von 0° R. um 428° R. zu erwärmen, so sagt man, die latente Wärme des siedendheißen Wasserdampfs sei 428° R. = 535° C. (Ure fand 537°, 22 C., Lavoisier und Laplace 555° C., Clément und Desormes 532°, Southern 538°, Despretz 531°). Je größer die freie (fühlbare) Wärme des Wasserdampfs ist, wovon seine Temperatur abhängt, um so kleiner ist seine latente Wärme, und umgekehrt. Oder mit andern Worten, der Dampf erfordert um so weniger latente Wärme zu seiner Bildung und Entstehung, in je höherer Temperatur er sich bildet. Nämlich die freie und latente Wärme des Wasserdampfs betragen immer zusammengenommen 508° R. (wie vorhin verstanden). Während daher die latente Wärme des siedendheißen Wasserdampfs (von 80° R. freier Wärme) = 428 ist, beträgt die latente Wärme eines Dampfes von 0° R. Temperatur 508° R., eines Dampfes von 100° R. Temperatur 408° R. u. s. f.

7) Mechanische Kraft des Dampfes bei constant bleibender Dichtigkeit. Betrachten wir nun die Spannkraft des Dampfes gegen eine Fläche, welche weichen kann, das Gewicht, welches er zu heben vermag, und die Höhe, auf welche es gehoben wird. Es ist diese Untersuchung der mechanischen Kraft des Dampfes um so wichtiger, da eben diese bei der Dampfmaschine benutzt werden soll.

Denken wir uns, daß in dem Gefäße B, Fig. 10, Taf. VII, Dampf erzeugt werde, und es könne dieser durch die Röhre S in den oben offenen Cylinder C treten und unter den Kolben P. Denken wir uns ferner, dieser Kolben sei so ins Gleichgewicht gesetzt, daß sein eigenes Gewicht, so wie die Reibung als 0 zu betrachten ist, so wird auf den Kolben blos die Luft drücken und dieser Druck beträgt auf den Quadratzoll etwa 15 Pfd. oder auf ein Quadratcentimeter 1,03 Kilogrammen. So lange nun die Spannkraft des Dampfes die der Luft nicht erreicht hat, kann der Dampf auf keine Weise den auf dem Boden des Cylinders ruhenden Kolben verrücken; sobald dieselbe aber stärker wird, muß sich der Kolben heben und der Cylinder mit Dampf füllen.

Hätte der Dampf eine Spannung von $1\frac{1}{2}$ Atmosphäre, so müßte der Kolben mit wenigstens $7\frac{1}{2}$ Pfund auf den Quadratzoll belastet werden, um nicht zu weichen, und mit 15 Pfd., wenn die Spannung gleich zweien Atmosphären

wäre. Da nun, wenn die Belastung nur um etwas kleiner wäre, schon eine Bewegung stattfinden würde, so kann man sagen, daß Dampf von 2 Atmosphären in obigem Falle so vielmal 15 Pfd. zu heben vermag, als der Kolben Quadratzolle Oberfläche hat; bei 10 Quadratzoll würde er daher 150 Pfd. heben.

Nehmen wir an, der Cylinder sei oben geschlossen und über dem Kolben sei ein Fluidum von geringerem Druck, als die atmosphärischer Luft, so würde schon ein schwächerer Dampf den Kolben heben und zweifacher mehr als 15 Pfd. auf den Quadratzoll.

Befände sich über dem Kolben ein ganz luftleerer Raum, so müßte der allerschwächste Dampf ihn bewegen und solcher von zwei Atmosphären Spannung 30 Pfd. auf den Quadratzoll heben und die mechanische Kraft des Dampfes die absolut größte sein.

Nehmen wir endlich an, daß, nachdem der Dampf den Cylinder gefüllt, der Hahn e geschlossen werde und der Dampf erkalte, folglich seine Dichtigkeit und Spannung vermindert werde, so würde die Luft, wenn der Cylinder oben offen ist, den Kolben mit Gewalt herabdrücken, und auch dann, wenn dem Gewicht d noch ein zweites angehängt würde. Hätte der verdünnte Dampf nur noch die Spannung von ½ Atmosphäre, so könnten, läßt man die Reibung unberücksichtigt, $7\frac{1}{2}$ Pfd. auf den Quadratzoll angehängt werden, und 15 Pfd., wenn es möglich wäre, die Spannung des Dampfes gänzlich aufzuheben.

Hiernach läßt sich leicht finden, wie groß die mechanische Kraft einer gegebenen Dampfmenge in allen Fällen, ohne Berücksichtigung des Gewichts und der Reibung des Kolbens, sein muß.

Bei der Berechnung der absoluten Kraft von 1 Pfd. oder 1 Kilogr. gemeinen Dampfes, d. h. solchen von 1 Atmosphäre Spannung, verfährt man, wenn der Gegendruck außer Spiel bleibt, folgendermaßen: 1 Pfd. Wasser giebt $25\frac{1}{2}$ engl. Kubikfuß Dampf von 80° R.; hätte also der Kolben eine Fläche von 1 Quadratfuß, so würde er $25\frac{1}{2}$ Fuß hoch gehoben werden, da kein Gegendruck vorhanden ist, und der Kolben könnte mit $14\frac{1}{2}$ Pfd. auf den Quadratzoll, also mit $144 \times 14\frac{1}{2}$ Pfd. = 2088 Pfd. belastet sein. 1 Pfd. Dampf würde also 2088 Pfd. $25\frac{1}{2}$ Fuß oder $2088 \times 25\frac{1}{2} = 52616$ Pfd. 1 Fuß hoch heben, und dieß ist also die absolute mechanische Kraft von 1 Pfd. Wasser in engl. Maaße. — Gewöhnlich betrachtet man 1000 Kilogr., 1 Met. hoch gehoben, als die Krafteinheit oder Dynamie, und so wäre denn die absolute Wirkung von 1 Kilogr. Dampf = 17,569 Dynamien oder dynamischen Einheiten. Wir kommen weiter unten auf die Bestimmung der Dynamien zurück.

Nähme nun die Dichtigkeit des Dampfes in demselben Verhältniß zu, wie die Expansivkraft, so würde die mechanische Kraft für 1 Pfd. Dampf bei allen Graden der Elasticität dieselbe sein. Allein der relative Druck wird bei höherer Spannung etwas größer, indem die Expansivkraft schneller zunimmt, als die Dichtigkeit, und es muß daher auch die mechanische Kraft bei dichterm Dampf größer sein, als bei dünnerm. Die Dichtigkeiten des Dampfs von 1 und 2 Atmosphären verhalten sich wie 589: 1114.

Hr. Prechtl (technol. Encykl. III. 589) giebt Temperatur, Spannung, Dampfquantum und mechanische Kraft

für 1 Pfd. verdampftes Wasser in Wiener Maaßen, wie folgt, an:

Temperatur.	Druck.	Dampfmenge.	Mechanische Kraft.
$65\frac{1}{8}$° R.	$\frac{1}{2}$ Atmosph.	57,2 Kubikf.	52452 Pfd.
$75\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$ "	39,5 "	54286 "
80	1 "	30,13 "	55237 "
$97\frac{1}{2}$	2 "	15,94 "	58450 "
$108\frac{1}{2}$	3 "	11,01 "	60570 "
$116\frac{1}{2}$	4 "	8,47 "	62107 "
$123\frac{3}{4}$	5 "	6,93 "	68240 "
148	10 "	3,71 "	68054 "
$164\frac{1}{3}$	15 "	2,59 "	71143 "
$176\frac{1}{4}$	20 "	2,00 "	73555 "

Der auf den Kolben stattfindende Gegendruck muß bei der Berechnung abgezogen werden und man findet dann die relative mechanische Kraft. Bei Maschinen mit Condensator kommt auch noch in Betracht, daß die Verdichtung keine vollständige Luftleere hervorbringt und auch, daß der Dampf durch eine engere Röhre in den Cylinder einströmt. Nimmt man den Querschnitt von jener zu $\frac{1}{100}$ des letztern und den Gegendruck des nicht vollständig verdichteten Dampfes zu 5,3 Centimeter, so ergiebt sich nach Fourier (Karsten's Archiv für Bergbau und Hüttenwesen, Bd. 18, S. 137) die mechanische Kraft von 1 Kilogr. Dampf folgendermaaßen:

Temperatur.	Elasticität.	Theoret. Maximum	Marim. ohne Gegendr.	Mit Gegend. v. 53 Centim.
		der mechanischen Kraft in dynamischen Einheiten.		
100° C.	1 Atmosph	17,54	17,03	15,81
122	2 "	18,57	18,06	17,41
135	3 "	19,2	18,69	18,24
145,2	4 "	19,68	19,17	18,83
154	5 "	20,1	19,59	19,31
161,5	6 "	20,48	19,97	19,73
168	7 "	20,78	20,27	20,06
173	8 "	21,02	20,51	20,33

8) Mechanische Wirkung des sich expandirenden Dampfes. — Wir sahen, welche Last der Dampf zu heben vermag, wenn er unter einen Kolben tritt und kein anderer Gegendruck vorhanden ist. Würde nur so viel Dampf in den Cylinder gelassen, bis der Kolben die Hälfte seines Laufes vollendet hat, so würde er sich mit dieser Last nicht weiter bewegen, sondern stehen bleiben. Verminderte man aber die Last, so würde sich der Kolben noch mehr heben können, indem sich der Dampf als elastische Flüssigkeit sofort weiter expandiren könnte. Verminderte sich die Last um die Hälfte, so expandirte sich der Dampf ungefähr zu dem doppelten Volum und würde dann noch halb so viel Expansivkraft haben und hiermit noch halb so viel Gewicht eben so hoch heben. Der Dampf leistete in diesem Falle also eine um die Hälfte größere Wirkung. — Bei Expansion leistet ein und dasselbe Dampfquantum mehr als das doppelte, als wenn dieselbe nicht stattfindet.

Man wendet neuerlich das Prinzip der Expansion bei den Dampfmaschinen häufig an und zwar bei hochdrückendem Dampf. Wir kommen weiter unten darauf zurück.

9) Allgemeine Bemerkungen. — a) Wenn Luft und Dampf zugleich in einem Raume vorhanden sind, so ist die Spannkraft, die sie gemeinschaftlich äußern, gleich der Summe der Spannkräfte, die jedes für sich geäußert hätte.

b) Die Spannkraft des Dampfes steht bei gleicher Temperatur im geraden Verhältnisse seiner Dichtigkeit, wonach dasselbe Dampfquantum blos eine halb so große Spannkraft äußern kann, wenn es (bei gleicher Temperatur) den doppelten Raum auszufüllen hat.

c) Bei gleichbleibender Dichtigkeit andrerseits, wenn z. B. ein unveränderliches Dampfquantum in einem Gefäß mit nicht ausdehnsamen Wänden eingeschlossen ist, hält die Erhöhung der Spannkraft gleichen Schritt mit der Erhöhung der Temperatur. Man findet den Zuwachs der Spannkraft für jede Temperatur, indem man berechnet, um wieviel sich das gegebene Dampfquantum durch die gegebene Temperaturerhöhung ausgedehnt haben würde, wenn ihm diese Ausdehnung gestattet gewesen wäre. Die Größe der Spannkraft bei der erhöhten Temperatur verhält sich zur Größe derselben bei der niedern Temperatur, wie der Umfang, zu dem sich der Dampf eigentlich hätte ausdehnen sollen, zu dem constanten Umfang, auf den er vermöge der Gefäßwände beschränkt bleibt. Es kommt dabei folgende Formel in Anwendung:

$$E' = E\,(1 + 0{,}00375\;t);$$

dabei ist E die Spannkraft bei 0°, E' bei 1° C.

d) Die Dämpfe dehnen sich durch die Wärme ganz nach demselben Gesetze und um gleiche Größe aus, als die bleibenden Gasarten.

e) Die specifische Wärme des Wasserdampfs ist 0,837, wenn die einer gleichen Gewichtsmenge von Wasser als Einheit angesehen wird.

Das Gesagte mag für den Zweck des vorliegenden Werkes hinreichend sein; sehr vollständig zusammengestellt sind die frühern Untersuchungen über Dampf in Gehler's physikalischem Wörterbuche, neue Aufl., 2. Bd., Art. „Dampf" vom Prof. Munke, S. 279 ꝛc. Die spätern Untersuchungen findet man in Fechner's Repertorium der Physik, I., Leipzig 1832, S. 173 ꝛc. und in dem Repertorium der Physik von Dove und Moser, I., Berlin 1837, S. 41 ꝛc. Siehe auch die Artikel „Dampf" in Prechtl's Encyklopädie, III., S. 493 ꝛc. und im Hauslexikon, Bd. II., S. 400 ꝛc.; von Bernoulli in seinem Handbuche, S. 153 ꝛc.

Eintheilung der Dampfmaschinen im Allgemeinen.

Im Allgemeinen lassen sich die verschiedenen Systeme der Dampfmaschinen nach drei verschiedenen Rücksichten eintheilen:

1) Nach der Benutzungsweise des Dampfs: a) in solche, bei denen der Druck der Atmosphäre wirkt, der Dampf aber nur als Hülfsmittel dient, um den Atmosphärendruck abwechselnd aufzuheben und in Wirksamkeit treten zu lassen, — atmosphärische Maschinen; und b) solche, bei denen der Dampf als alleinig wirkende Kraft eintritt.

2) Nach der Höhe der Spannung der angewendeten Dämpfe: a) in Maschinen von niedrigem Drucke, wo die Spannung der angewendeten Dämpfe nur eben dem einfachen Drucke einer Atmosphäre gleichkommt, oder ihn nur sehr wenig übersteigt, — zu ihnen gehören auch die rein atmosphärischen Maschinen von niedrigem Dampfdrucke — und b) Hochdruckmaschinen, bei denen sie dem Drucke mehrer Atmosphären gleichkommt, welche Maschinen die noch zuweilen gemachte Abtheilung derer von mittlerem Drucke mit in sich fassen.

3) Nach der Anwendung der Condensation (Verdichtung oder Niederschlagung) der Dämpfe: a) in solche, bei denen die Dämpfe mittel- oder unmittelbar durch Wasser in der Maschine verdichtet, und b) solche, bei denen sie in die freie Luft hinausgetrieben werden. Unter die erstern gehören alle Dampfmaschinen von niederm und auch viele von hohem Drucke, unter die letztern nur Hochdruckmaschinen.

Gleich vorläufig ist hier zu erwähnen, daß die Grenzen der Begriffe der Dampfmaschinen von niederem und hohem Drucke nicht sehr scharf gezogen sind; am Allgemeinsten gilt der von Watt angenommene: Dampfmaschinen von niederem Drucke (low-pressure-engines) diejenigen zu nennen, welche nicht über 2 bis 4 Pfund pro Quadratzoll Ueberdruck über die Atmosphäre äußern; — Hochdruckmaschinen (high-pressure-engines) solche, welche von da an aufwärts, am gewöhnlichsten 3 bis 4 Atmosphären, Mehrspannung besitzen.

Beschreibung der jetzt gewöhnlich angewendeten Arten von Dampfmaschinen und ihrer verschiedenen Theile.

Wir bemerkten schon weiter oben, daß es zu weit führen würde, eine Geschichte der Dampfmaschinen, von welch hohem Interesse sie auch immerhin sein mag, mitzutheilen. Wir können in dieser Beziehung nur bemerken, daß mit James Watt, dem berühmten Maschinenfabrikanten zu Soho bei Birmingham, eine ganz neue Periode derselben beginnt, ja daß dieser ausgezeichnete Mechaniker als der eigentliche Erfinder der heutigen Dampfmaschinen angesehen werden muß. Seine Reformversuche, die mit dem glücklichsten Erfolge gekrönt wurden, beginnen mit dem Jahre 1769. Vorher kannte man nur die atmosphärischen Maschinen; in den Prinzipien Watt's ist wenig Wesentliches geändert, denn die Hochdruckmaschinen waren auch schon in seinen Patenten mit begriffen; der Doppelcylinder ist die Erfindung Hornblower's und Woolf's. — Eine sehr gute Geschichte der Dampfmaschinen, durch treffliche Abbildungen erläutert, findet man in dem weiter unten näher aufgeführten Werke von Severin, S. 4 ꝛc.

Wir müssen uns hier, wie ebenfalls schon bemerkt, darauf beschränken, die neuern Dampfmaschinen zu beschreiben, bei denen die Grundsätze Watt's beibehalten, bei denen aber die Einrichtung, das Verhältniß der einzelnen Theile, durch die Erfahrung, den Scharfsinn und die bessere Ausführung der neuern Mechaniker vielfach verbessert worden sind. Selbst von diesen neuesten Maschinen können wir nur wenige der wichtigsten und besten Arten beschreiben, denn diese sind so zahlreich, wie die Maschinen selbst. So hat man jetzt eine Menge von Arten senkrechter Bewegungen, deren erste und beste, die Storchschnabelbewegung, schon von Watt herrührt. Watt stellte seine Cylinder senkrecht; man findet jetzt deren von liegender, geneigter und hängender Stellung. Watt machte seine Kolben mittelst einer Hanfliederung dampfdicht; jetzt haben wir außerdem Feder-, sich umdrehende und sich ausdehnende Metall-Kolben u. s. w. Die Cylinder sind aber nicht allein in einer sehr verschiedenen Stellung, sondern auch in jedem Verhältniß der Größe angebracht worden; eine eben so große Verschiedenheit hat bei den relativen Verhältnissen des Condensators und der Luftpumpe zu dem Dampfcylinder stattgefunden. Die Formen von den Ventilen aber und die Methoden, sie zu öffnen und zu schließen, um den Dampf in den Cylinder einzulassen und von demselben abzusperren ꝛc., haben vielleicht größere Veränderungen erlitten, als irgend einer der andern Maschinentheile. Von allen Veränderungen aber, die stattgefunden haben, sind die einer verbesserten Arbeit die wichtigsten. Die Ausführung der Maschinen ist jetzt weit vorzüglicher, als sie noch vor wenigen Jahren war, und derselben ist es vielleicht mehr als den Veränderungen bei der Einrichtung der Maschine zuzuschreiben, daß sie jetzt mehr wirken und daß ihre Wirkung immer noch zunimmt. — Die Verbesserungen der Dampfmaschine in den letzten 40 Jahren, ist das Resultat der Bemühungen der berühmtesten Mechaniker Englands und des Festlandes.

Wir reden nun zuvörderst von der Dampferzeugung, gehen dann zu der Beschreibung der wichtigsten Systeme von Dampfmaschinen, dann zu der der hauptsächlichsten einzelnen Theile derselben und endlich zu der Anwendung der Dampfmaschinen beim Bergbau, bei der Schifffahrt ꝛc. über, indem wir von der Benutzung der Dampfmaschinen zum Transport auf den Eisenbahnen in einer andern Abtheilung des Werkes reden.

Die Apparate, welche dazu dienen, das Wasser mittelst äußerer Erhitzung in Dampf zu verwandeln, um denselben als mechanische Kraft oder zur Erwärmung anzuwenden, nennt man

Dampfkessel (Steam boiler, Steam engine boiler, engl., Chaudières à vapeur, franz.)

Der bei der Einrichtung dieser Apparate zu erreichende Zweck besteht im Wesentlichen darin, eine gegebene Menge Dampf in gegebener Zeit mit der geringsten Menge von Brennmaterial mit möglichster Sicherheit gegen die Expansivkraft der Dämpfe zu entwickeln. Wir haben hier zu berücksichtigen: 1) das Material, 2) die nöthige Stärke, 3) die verlangte Dampfmenge, 4) die Form und Feuerungsart und 5) die einzelnen Vorrichtungen an den Dampfkesseln.

1) Die Materialien zur Anfertigung der Dampfkessel sind Gußeisen, Eisen- und Kupferblech. Ersteres wird jetzt nur noch wenig angewendet, da es durch die nicht zu vermeidenden plötzlichen Temperaturabwechselungen

zu leicht Sprünge bekommt und unhaltbar wird, seine innere Beschaffenheit übrigens auch selten hinreichend gleichförmig und fehlerfrei ist, so daß man sich auch bei einer bedeutenden Dicke nicht gänzlich auf seine Stärke verlassen kann. Beim Zerspringen wird das Gußeisen bombenähnlich zerstückt, während das weiche und zähe Eisen- und Kupferblech, auf welche die ungleichförmige Erhitzung und Ausdehnung im Feuerheerde ohnehin weit weniger Einfluß hat, in der Regel blos Risse erhalten, aus denen der Dampf hervordringt. Endlich sind größere Kessel auch sehr schwierig zu gießen.

Man wendet daher jetzt fast allein nur noch Eisen- und Kupferblech, hauptsächlich ersteres, und besonders zu den Tafeln von gehöriger Stärke ausgewalzt, weit weniger geschmiedetes, an. Die einzelnen Blechtafeln werden, nachdem sie die gehörige Form erhalten haben, mit starken Rietnägeln aus demselben Metall stark mit einander verbunden. Bei Holzfeuerung und bei cylindrischen Dampfkesseln oder Röhren von geringerem Durchmesser, die sich nur gelöthet gut darstellen lassen, ist Kupfer- dem Eisenblech vorzuziehen.

2) Was nun die **Stärke der Dampfkessel** betrifft, so muß die Dicke der Metallwände, aus denen der Kessel hergestellt wird, so genommen werden, daß ihr Widerstand gegen den innern Druck der Dämpfe, welchen sie gewöhnlich aushalten sollen, auch unter den ungünstigsten Umständen bedeutend genug ist. Hr. **Prechtl** (techn. Encykl. 3, 524) stellt hierzu folgende sehr einfache Formel auf. Es sei für einen Cylinder, dessen Halbmesser = r, in Zollen, ist, der innere Druck des Dampfes gegen die Wände in Pfunden auf 1 Quadratzoll über jenem der Atmosphäre = p, die Dicke der cylindrischen Wand = x, in Zollen, die absolute Festigkeit oder Kohäsion des Metalles für einen Quadratzoll Querschnitt in Pfunden = c; so ist für den Fall, daß die Dicke so groß wird, daß sie dem innern Drucke gerade das Gleichgewicht hält,

$$x = \frac{pr}{p-c},$$

wofür, da in dem vorliegenden Falle p gegen c nur sehr klein ist,

$$x' = \frac{pr}{c}$$

gesetzt werden kann.

Da aber die Festigkeit oder Kohäsion des Metalles durch die Einwirkung des Feuers, welche es erleidet, sehr vermindert wird, so muß jene Größe um so viel vermehrt werden, als die Verminderung beträgt. Eisenblech verliert nämlich in dunkler Rothglühhitze, oder bei etwa 400° R., $\frac{5}{6}$ seiner Festigkeit, bei 240° R. demnach — den Verlust der Temperatur proportional genommen —, bis wohin sich die äußere Kesselwand in der Nähe des Feuers erhitzt, ungefähr $\frac{3}{6}$; folglich für gleiche Stärke eine Vermehrung der Dicke um das Doppelte, oder $x'' = \frac{2\,pr}{c}$. Durch Nieten, Umbiegen und Löthen dürfte die Kohäsion auch wieder um die Hälfte geschwächt werden, folglich wird hiernach $x''' = \frac{4\,pr}{c}$. Endlich muß auch noch die nachtheilige Ein-

wirkung auf die Kohäsion durch ungleiche Ausdehnung der verschiedenen Theile der Wand berücksichtigt werden, so daß sich $x''' = \frac{5\,pr}{c}$ ergiebt.

Nun hat aber der im Feuer liegende Kessel noch immer keinen Ueberschuß an Stärke gegen den innern Druck, weshalb dieselbe also noch um so viel vermehrt werden muß, daß die stete Wirkung des innern Drucks keine nachtheilige Ausdehnung oder bleibende Aenderung in dem Metalle hervorbringen kann, d. h. wenigstens um das Dreifache, so daß

$$x' = \frac{15\,pr}{c}$$

wird.

Es muß aber ferner berücksichtigt werden, daß die Bestimmung der Kohäsion oder des Werthes von c immer im Maximum angegeben ist, weshalb für das Kesselblech nur ein Drittel davon angenommen werden kann. Folglich müssen wir für Schmiedeeisen für 1 Quadratzoll Querschnitt c = 18000 und für Kupfer c = 12000 Pfund annehmen.

Hiernach ist

für Eisenblech $x'' = \frac{pr}{1200}$,

für Kupferblech $x'' = \frac{pr}{800}$.

Bei dieser Formel ist aber diejenige Dicke der Kesselfläche unberücksichtigt gelassen, welche dazu erforderlich ist, daß die Wände nicht durch ihre eigene Belastung eine Biegung erleiden. Es ist daher nöthig, den aus der Formel für x'' sich ergebenden Metalldicken noch diejenige Dicke hinzuzufügen, welche hinreicht, den Wänden an und für sich und unabhängig von der Wirkung einer innern Spannung diejenige Festigkeit zu geben, welche sie haben müssen, um sich innerhalb der Grenzen ihrer Elasticität in ihrer Form zu erhalten. Man kann zu dem Ende annehmen, daß sowohl für Eisen als Kupfer eine Röhre von 1 Zoll Durchmesser mehr als hinreichende Steifigkeit mit einer Wanddicke von 0,01 Zoll erhalte. Da nun für diese Art von Festigkeit ähnlicher Cylinder die Dicke ihrer Wände sich wie die Quadratwurzel des Durchmessers verhält, so ist die für die eigene Stabilität nöthige Wanddicke $= 0{,}01 \sqrt{2r}$.

Hiernach wird also

für Eisenblech $x = \frac{pr}{1200} + 0{,}01 \sqrt{2r}$,

für Kupferblech $x = \frac{pr}{800} + 0{,}01 \sqrt{2r}$.

Obgleich ein sphärischer Kessel oder die sphärischen Enden oder Bodenstücke eines Cylinders, der Rechnung nach, nur die Hälfte der Stärke bedürfen, so behält man doch sowohl hier, als auch bei länglich viereckigen Kesseln mit gewölbten Deckeln, oder bei ein- und auswärts gebogenen Wänden, dieselbe Formel zur Berechnung der Wanddicke bei. Die der unmittelbaren Einwirkung des Feuers und der heißen Luft ausgesetzten Stellen des Kessels, die eine stete Oxydation erleiden und daher fortwährend geschwächt werden, macht man aus um die Hälfte dickerm Blech, als

die andern Theile. Nur bei cylindrischen Kesseln ist dieß nicht rathsam, weil diese Cylinder der Länge nach nur eine Nietung erhalten, bei der Anwendung einer eigenen Bodenplatte aber drei Nietungen erforderlich sein würden.

Wir machen mit Herrn Prechtl die Formeln durch einige Beispiele deutlicher. a) Bei einem cylindrischen Kessel von Eisenblech von 5 Fuß Durchmesser und mit einem Druck von 30 Pfund auf 1 Quadratzoll, ist $x = \frac{30 \times 30}{1200} + 0,077'' = 0,827$ Zoll. Für einen Druck von 10 Pfund auf den Quadratzoll wird diese Wanddicke $= 0,327''$.

b) Für einen länglich viereckigen Kessel von Eisenblech, dessen größte Diagonale im Querschnitt 8 Fuß beträgt und der Druck des Dampfes auf den Quadratzoll 4 Pfund, ist $x = \frac{48 \times 4}{1200} + 0,0979 = 0,258$ Zoll für die obern Platten, und $= 0,288 \times 1,5 = 0,387$ für die über dem Feuerheerde.

c) Für einen ähnlichen, viereckigen Kessel aus Kupferblech, dessen größte Diagonale $= 6$ Fuß, der innere Druck $= 4$ Pfund, wird $x = 0,264''$ für die obern, und $= 0,396''$ für die Bodenplatten.

d) Für einen eisenblechernen Cylinder von 10'' Durchmesser und 4 Pfund Druck wird $x = 0,048$, oder nahe ½ Linie.

Es stimmen diese Verhältnisse mit den besten praktischen Erfahrungen dieser Art völlig überein, und gewähren für die nöthige Stärke des Kessels diejenige Sicherheit und Dauer, ohne auf der andern Seite einen unnöthigen Materialaufwand zu veranlassen. Gewöhnlich giebt man in der Praxis den kupfernen Kesseln dieselbe Wanddicke, wie den eisenblechernen; denn obgleich Kupfer eine geringere Kohäsion als Eisen hat, so besitzt es doch ein gleichförmigeres und dichteres Gefüge und erhält bei der Bearbeitung seltner unganze Stellen.

Gußeisen ist nur in der Form von Röhren für Dampfapparate zuläßig. Die zur eigenen Stabilität erforderliche Dicke auf 1 Zoll Durchmesser muß wenigstens $= 0,1$ Zoll betragen und seine Kohäsion, gleich der des Kupfers gesetzt, ist

$$x = \frac{pr}{800} + 0,1 \sqrt{2r}.$$

So ist z. B. für eine Röhre von 10'' Durchmesser, bei 10 Pfund innerm Druck $x = 0,0625'' + 0,316'' = 0,378''$; für eine Röhre von 6'' Durchmesser und 25 Pfund Druck $= 0,0937 + 0,245 = 0,338''$.

Die Wände des Dampfkessels müssen vollkommen dampfdicht hergestellt werden, welches durch eine starke und dichte Nietung und bei Röhren durch Löthen bewerkstelligt wird. Eisenblecherne Kessel haben den Vorzug, daß dünne Spalten in der Nietung sich leicht von selbst, theils durch Oxydation, theils durch den Absatz des Wassers, ausfüllen und dadurch nach kurzem Gebrauch dichter werden, welches bei kupfernen Kesseln weniger der Fall ist. Lassen bei diesen die genieteten Stellen etwas durch, so ist es gut, in das Wasser des Kessels etwas Salmiak zu werfen, wodurch ebenfalls die allmählige Ausfüllung jener dünnen Spalten durch Oxydation bezweckt wird.

3) Die Dampfmenge, welche der Kessel in einer bestimmten Zeit liefert, hängt ab: 1) von dem Unterschiede der Temperatur der heißen Luft im Feuerheerde, welche die Kesselwände berührt, und der Temperatur des verdampfenden Wassers im Kessel; 2) von der Schnelligkeit des Ueberganges der äußern Hitze nach innen; 3) von der Größe der zwischen Wasser und Feuer liegenden Wandfläche.

Die Dampfmenge, dem Gewicht nach, wird also um so größer, je höher jener Temperaturunterschied, je größer die verdampfende Fläche, und je schneller letztere die Wärme durchleitet. Sowohl die Größe des Temperaturunterschiedes der Hitze in dem Feuerraum und der Hitze des Wassers, als auch die Schnelligkeit der Wärmedurchleitung hängt von der Dicke der vom Feuer bestrichenen Wand ab. Wird daher Dampf von höherer Temperatur erzeugt, so ist für eine gleiche Gewichtsmenge des Dampfes, bei demselben Hitzgrade des Feuerheerdes und derselben Dampffläche und Wanddicke, etwas mehr Zeit erforderlich, als zur Bildung von Dampf von niedriger Temperatur, weil der Temperaturunterschied geringer ist. Aber auch etwas mehr Brennstoffaufwand ist dazu erforderlich, weil die Luft mit einer höhern Temperatur in den Rauchfang entweichen muß, die der Temperatur der zu erzeugenden Dämpfe, wenn auch nicht gänzlich gleich, doch proportional ist.

Der Einfluß, den die Dicke der Kesselwand auf den Temperaturunterschied äußert, ist nicht unbedeutend. Nach den angestellten Versuchen beträgt er bei einem eisernen Kesselboden von 0,82 Stärke zur Erzeugung von Dampf von höherer Spannung 12,1° R.; er wird um so größer, je höher die Temperatur des Wassers an der innern Fläche wird. Diese Temperatur ist für die Erwärmung der innern Kesselfläche oder des Wassers als verloren anzusehen, weil hier die Luft mit 116,1° in die Esse treten muß, wenn sie die Kesselwand nicht abkühlen soll, während sie bei einer dünnen Wand nur mit 1 oder 2 Graden über der innern Temperatur der Kesselfläche auszutreten brauchte.

Bedeutender noch ist der Einfluß, welchen die Wanddicke auf die Schnelligkeit der Durchleitung der Wärme ausübt. Die dazu erforderliche Zeit ist durch keine Versuche ausgemittelt worden. Die Menge des bei gleicher Fläche und gleicher Feuerung erzeugten Dampfes wird um so geringer, je größer jene Zeitdauer ist, und es ist demnach eine bedeutende Erhöhung der äußern Temperatur erforderlich, um durch den größern Unterschied derselben jene Verzögerung wieder aufzuheben. Man muß daher bei Angabe der Dampffläche für eine gewisse Dampfmenge auch die Dicke der Kesselwand berücksichtigen. — Für Kupfer von derselben Dicke beträgt der angegebene Temperaturunterschied nur 8,7° R. Es ergiebt sich daraus der Vorzug dieses letztern Metalles und der Nachtheil des Gußeisens, welches weit dicker genommen werden muß, als Blech, so daß der Temperaturunterschied bei 2 Zoll Dicke 31,8° beträgt. Es folgt ferner die praktisch wichtige Regel, daß es wegen Einfluß der Wanddicke vortheilhafter sei, die Dampfkessel nicht zu groß zu machen, weil jene mit dem Durchmesser wächst, und wenn Dampf von hoher Spannung entwickelt werden soll, hierzu nur Cylinder von geringem Durchmesser zu nehmen, um die bedeutende Dicke größerer Kessel zu vermeiden.

Die dem Dampfkessel zu gebende Fläche zwischen Wasser und Feuer, um in einer bestimmten Zeit eine bestimmte Dampfmenge zu erzeugen, hängt für gleiche Wanddicke von der äußern Feuerung ab. Bei einer sehr dünnen Wandfläche liefern 10 Quadratfuß Oberfläche in 1 Minute 1 Pfund Wasserdampf, bei einer äußern Temperatur von 93$^1/_3$°, wenn Dampf von 80° entwickelt werden soll. Man kann dieß als Maximum annehmen.

Die weiter oben bei Betrachtung der physikalischen Eigenschaften des Dampfes mitgetheilte Tabelle I. enthält in der 6. Colonne die Anzahl der Kubikfuße Dampf von der zugehörigen Temperatur und Elasticität, welche 1 Pfund wiegen; wonach sich also die Verdampfungsfläche für Dampf von höherer Temperatur in Kubikfußen ergiebt.

Bei verstärkter Feuerung, die von der Größe der Rostfläche und der Stärke des Zuges abhängt, vermehrt sich die Dampfmenge für gleiche Fläche im Verhältniß der äußern Temperatur. Nehmen wir, um Wanddicke und höhere Temperatur der Dämpfe zugleich zu berücksichtigen, die oben berechnete äußere Temperatur für 10 Quadratfuß auf 1 Pfund Dampf mit 116° R. an, so werden sonach 10 Quadratfuß Fläche in 1 Minute bei mittlerer Temperatur des Feuerheerdes

von 116°	R.	liefern	1	Pfund	Dampf
„ 174°	„	„	1,5	„	„
„ 232°	„	„	2	„	„
„ 348°	„	„	3	„	„
„ 464°	„	„	4	„	„

Diese Verhältnisse stimmen mit der Erfahrung überein, und erklären zugleich die Verschiedenheit der Angaben über die Dampfflächen für bestimmte Dampfmengen.

Aus dem Gesagten folgt, daß die Dampfbildung bei hoher Temperatur und geringerer Dampffläche nur dadurch möglich wird, daß die heiße Luft mit einer hohen Temperatur von der Kesselfläche in die Esse tritt, daß demnach die Erzeugung der erforderlichen Dampfmenge durch starke Feuerung und mit bedeutendem Brennmaterialverlust möglich, und daß es also für die Ersparung desselben am vortheilhaftesten sei, die Dampffläche so groß als möglich zu machen, weil man es alsdann in seiner Gewalt hat, den Rauch mit gehörig niedriger Temperatur in die Esse treten zu lassen, ohne an der erforderlichen Dampfmenge zu verlieren. Als Regel gilt, die dampfende Fläche lieber zu groß, als zu klein zu machen, indem alsdann eine geringere Hitze und eine längere Dauer des Kessels möglich wird.

4) Form der Dampfkessel und Feuerungsart. — Die den Dampfkesseln zu gebende Form ist um so besser, je mehr Stärke des Kessels sie gewährt, eine je größere Oberfläche sie für gleichen Wasserinhalt dem Feuer darbietet, und je besser und gleichförmiger sie die Heizung zuläßt. Die Form ist entweder sphärisch, oder cylindrisch, oder länglich viereckig. — Runde Kessel mit mehr oder weniger ausgewölbtem Boden und halbkugelförmigem Deckel werden nur noch in kleinen Dimensionen angewendet, indem sie sich nicht vortheilhaft und bequem heitzen lassen. Sollen die Dämpfe zur Heitzung, zum Sieden ꝛc. angewendet werden, so sind sie brauchbar, weil sie viel Wasser enthalten können, und eine minder regelmäßige Speisung zulassen.

Um bei einer bedeutenden Oberfläche eine vortheilhafte Heitzung zu gestatten, müssen die Kessel, seien sie nun cylindrisch oder oblong, eine Länge erhalten, welche hinreichend ist, die vom Brennmaterial kommende glühende Luft, sowohl bei ihrer Strömung unter dem Boden, als auch beim Zurückkehren durch die Züge, bis zu ihrem Eintritt in die Esse, gehörig abzukühlen. Diese Länge muß im Verhältniß zur Länge und Breite des Feuerheerdes stehen, beträgt aber wenigstens das Dreifache von letzterer, wenn, wie es gewöhnlich der Fall ist, die Länge des Rostes ein Viertheil der Bodenfläche ausmacht. Die von der heißen Luft in den Zügen bestrichene Fläche der Kesselwand verhält sich in der Regel zu jener der Bodenfläche wie 7 : 3; so daß also die Rostfläche $^3/_{40}$ der gesammten, vom Feuer bestrichenen Kesselfläche ausmacht. Die Länge der Züge beträgt wenigstens das Doppelte von der Länge der Bodenfläche; nimmt man also die Breite des Rostes zu $^2/_3$ der Breite des Kessels, so wird seine Länge = $^3/_8$ jener der Bodenfläche, oder mit Einschluß der Züge an den Enden, etwa $^1/_{10}$ von der ganzen Länge der vom Feuer bestrichenen Fläche.

Es ist durchaus nicht vortheilhaft, die Kessel zu groß zu machen, sondern weit zweckmäßiger, für eine größere Dampfmenge zwei und mehre anzuwenden. Ueber eine Länge von 15 Fuß sollte man ohne wichtige Gründe nicht hinausgehen. Kleine Kessel erfordern zwar verhältnißmäßig mehr Brennmaterial, als große; überschreitet jedoch der Feuerheerd eine gewisse Größe, so wird dadurch die gleichförmige Verbrennung und die Regierung des Feuers wieder gehindert, und der Effect verhältnißmäßig vermindert.

Fig. 1 und 2, Taf. XIV, zeigt die Einrichtung eines viereckigen Kessels (in England waggonboiler genannt) für eine Watt'sche Dampfmaschine, sammt der Feuerungsanlage. A ist der Kessel mit dem Boden und den Seitenflächen etwas einwärts, B der Rost, von welchem das Feuer über die Brust a, unter dem Boden hinstreicht, bei b in die Höhe tritt, in dem Zuge an der hintern Seitenfläche des Kessels hinstreicht, durch den Zug c um das vordere Ende geht, und durch den Zug d an der vordern Seitenfläche in die Esse tritt, wo zur Regulirung des Luftzuges ein Register D angebracht ist. C ist der Aschenfall, welcher so wie der Feuerraum B mittelst Thüren genau verschlossen werden kann. Die Luft tritt gewöhnlich durch einen Kanal in den Raum C, und der Kanal ist mit einem Register versehen, um den Luftzutritt nach Belieben mäßigen zu können. T ist die Dampfröhre, durch welche der Dampf in den Cylinder der Maschine tritt. M ist die Einfahrt (Mannloch, Fahrloch; man hole, engl.), eine so weite Oeffnung, daß durch dieselbe ein Arbeiter in das Innere des Kessels gelangen kann, um ihn zu reinigen und zu untersuchen.

Ein solcher Kessel hat für Maschinen mit niederm Druck, bei denen die höchste Belastung 4 Pfund auf den Quadratzoll beträgt, oder auch für andere Zwecke, bei denen Dampf mit ganz niedrigem Druck entwickelt werden soll, die zweckmäßigste Form, da er eine verhältnißmäßig große Fläche darbietet, die sehr vortheilhaft der Einwirkung des Feuers ausgesetzt ist. Mit den untern Seitenkanten ruht der Kessel auf dem Mauerwerke so auf, daß dieselben vor dem unmittelbaren Angriffe des Feuers geschützt sind. — Große

Kessel dieser Art haben in ihrem Innern, der Länge nach, einen Kanal oder Zug, durch welche die heiße Luft strömt, ehe sie in die Züge an den äußern Seitenwänden gelangt.

Wir geben mit Herrn **Prechtl** die Dimensionen eines Kessels, wie der in Fig. 1 und 2, Taf. XIV, abgebildete, für eine Dampfmaschine von 36 Pferdekräften, die als Beispiel und Muster dienen können. — Der Kessel hat $5^1/_2$ Fuß Breite, 17 Fuß Länge, eine halbcylindrische Decke, und seine ganze Höhe beträgt $7^1/_2$ Fuß. Der Boden ruht auf jeder Seite $4^1/_2$ Zoll breit auf dem Mauerwerk; die übrigen $4^3/_4$ Fuß der Breite, welche über dem Feuer liegen, sind 10 Zoll tief einwärts gewölbt. Die Seiten des Kessels haben eine Biegung von 3 Zoll einwärts, so daß die Weite desselben zwischen den eingebogenen Stellen 5 Fuß beträgt. Die Höhe der Seitenwände beträgt also $7^1/_2 - 2^3/_4 = 4^3/_4$ Fuß. Das Wasser geht bis an den Anfang des cylindrischen Deckels, dessen Inhalt = 202 Kubikfuß der Dampfraum ist. Der durch die Länge des Kessels gehende viereckige Kanal ist 20 Zoll weit und 17 Fuß lang; seine senkrechte Höhe $2^1/_2$ Fuß. Das Wasser steht 11 Zoll hoch über seiner obern Platte, und die untere Platte liegt 6 Zoll über der höchsten Stelle des eingebogenen Kesselbodens. Die Seitenflächen dieses innern Kanals sind auswärts gebogen, so daß er in der Mitte seiner Höhe 28 Zoll Weite erhält, und der Zwischenraum zwischen diesen Seiten und den gegenüberliegenden des Kessels hat demnach an der engsten Stelle 16 Zoll Weite. Der Querschnitt des Kanals beträgt $4^1/_4$ Quadratfuß, die gesammte erhitzte Oberfläche des Kessels (die untere Platte des Kanals unberücksichtigt gelassen) $360^2/_3$ Quadratfuß.

Der Rost ist $4^1/_2$ Fuß breit und 5 Fuß lang, aus einer doppelten Reihe von $2^1/_2$ Fuß langen Stäben, 17 an der Zahl, bestehend, deren obere breite Fläche $2^1/_2$ Zoll beträgt, und die Zwischenräume zwischen denselben $^3/_8$ Zoll. Das vordere Ende des Rostes liegt 14 Zoll unter den Seitenkanten des Kessels, also 24 Zoll unter dem höchsten Punkt des Bogens. Der Rost neigt sich von vorn nach hinten etwa 20° abwärts; so daß das hintere Ende des Rostes 40 Zoll unter dem Mittel des gewölbten Kesselbodens liegt. Die gemauerte Brust am Ende des Rostes (Feuerbrücke) erhebt sich bis auf 13 Zoll vom Boden des Kessels, und ist nach derselben Linie gewölbt, wie der Kesselboden selbst, läßt also für die Flamme des Feuerheerdes einen Durchgang von etwa $5^1/_4$ Quadratfuß (etwa $^1/_{70}$ der ganzen erhitzten Kesselfläche). Der weitere Feuerraum von der gemauerten Brust bis ans Ende des Kesselbodens ist $4^1/_4$ Fuß weit, und 15 Zoll unter den Kanten, oder 25 Zoll unter dem Mittel des Bodens (Querschnitt = $7^1/_2$ Quadratfuß oder $^1/_{48}$ der geheitzten Fläche). Die Höhe der Seitenflächen des Kessels, welche von dem äußern Zuge bestrichen werden, ist 46 Zoll ($^7/_{10}$ der Weite des Kessels); die Weite zwischen denselben und der Ziegelwand ist 14 Zoll; der Querschnitt $4^1/_4$ Quadratfuß ($^1/_{85}$ der erhitzten Fläche). Die Höhe der äußern Züge im Mauerwerk ist 49 Zoll, weil der Zug noch 3 Zoll unter der Auflage des Kessels niedergeht, damit sich in diesem tiefern Raume die mit dem Luftzuge fortgeführte Asche anhäufen kann, ohne sich an die Seitenflächen des Kessels anzulegen. Die obere Linie der erhitzten Seitenfläche liegt mit der Oberplatte des innern Kanals im gleichen Niveau, und das Wasser steht also ebenfalls 11 Zoll über jener Linie. Nachdem Flamme und heiße Luft unter dem Boden hingestrichen sind, treten sie am hintern Ende des Kessels in den mittlern Kanal, gehen durch diesen bis an das vordere Ende, wo sich der Zug theilt, und die eine Hälfte desselben an der einen, die andere Hälfte an der andern Seite des Kessels zurückgeht, wo sie sich wieder in einem gemeinschaftlichen Zuge einigen, der zu der Esse führt, die einen Querschnitt von 4 Quadratfuß und 80 Fuß Höhe hat. — Ein solcher Dampfkessel, wie der abgebildete, kann ungefähr 30 Pfund Dampf in der Minute liefern und gehört zu einer Dampfmaschine von etwa 30 Pferdekräften. Wird ein größerer Bedarf verlangt, so müssen zwei und mehre Kessel angelegt werden, z. B. zwei Kessel, jeder von 20 Pferdekräften, für eine Maschine von 40 Pferdekräften; für eine Maschine von 60 Pferden zwei Kessel zu 30 Pferden; ein dritter Kessel derselben Dimension soll für die vorfallenden Reparaturen in Reserve gehalten werden. Die Kessel werden unmittelbar neben einander eingemauert.

Soll der Dampf eine höhere Spannung haben, als 80° R., so kann ein solcher viereckiger Kessel nicht angewendet werden, weil er dann nicht Stärke genug hat, und wenn er diese erhalten sollte, seine Wände zu dick werden würden. Man wendet in diesem Falle immer cylindrische Kessel an, indem dieselben für gleiche Dicke der von innen wirkenden Expansivkraft einen gleich bleibenden Widerstand entgegensetzen, indem keine Verbiegung der Wände erfolgt, vielmehr die cylindrische Form durch den innern auf alle Punkte gleichen Druck, noch besser erhalten wird.

Die Fig. 1, 2 und 3, Taf. XV, stellen die Anlage eines solchen Kessels, und zwar Fig. 1 im Querdurchschnitt, Fig. 2 im Längendurchschnitt und Fig. 3 im Grundrisse vor. Der Feuerzug erfolgt, wie die Pfeile andeuten, rings um den Kessel, wie in Fig. 3, daher diese Theile einer weitern Erklärung nicht bedürfen. S ist das Dampfrohr. Der Luftzutritt unter dem Rost erfolgt hier durch die mit einem Register versehene Aschenfall-Thür C. Hinter dem Rost und seiner Breite nach ist eine Oeffnung E, welche durch den Schieber k i mehr und weniger geöffnet und geschlossen werden kann und in welcher sich die Cinders, d. h. die Schlacken von den Steinkohlen, ansammeln. Indem der heiße Rauch über diese Oeffnung hinzieht, begegnet er der durch die glühenden Kohlen aus dem Aschenheerde streichenden heißen Luft und verbrennt. Stößt man den Schieber hinein, so fallen die Cinders in den Aschenfall. An der Heitzthür B werden die Kohlen aufgehäuft, damit sie hier die Oeffnung zum Theil verschließen, austrocknen und allmählig auf den Rost niederfallen. Wir kommen auf die Einrichtung der Feuerheerde weiter unten zurück.

Man giebt diesen Kesseln höchstens einen Durchmesser von 5 Fuß und dann einen 5 Fuß langen Rost. Für eine größere Dampfmenge setzt man zwei oder mehre solcher Kessel neben einander, läßt aber dann die Züge weg und den Cylinder in gerader Linie auf die zehnfache Länge des Rostes auslaufen, also für einen Rost von 4 Fuß auf etwa 40 Fuß Länge, so daß der Rauch unter dem Cylinder hinstreicht, wie in Fig. 3, und am hintern Ende in den Rauchfang tritt.

Ehe wir jedoch noch Einiges über mehre Abänderungen cylindrischer Kessel sagen, müssen wir zuvörderst einige Be-

merkungen über den *Dampfraum* in den Kesseln machen, d. h. über den Raum, den der Dampf über dem Kessel einnimmt und der als ein Dampfbehälter anzusehen ist, aus dem der Dampf in den Cylinder der Maschine strömt. Es verdient nämlich die Größe des Dampfraums eine Berücksichtigung für folgende Fälle:

1) In Beziehung auf die Vermehrung der Spannung, welche der Dampf im Kessel durch die zeitweise Unterbrechung des Dampfabflusses erlangt. Wenn z. B. der Kessel in der Secunde 10 Kubikfuß Dampf entwickelt, der Dampfcylinder 20 Kubikfuß enthält und der Kolben sich durch denselben ebenfalls in einer Secunde bewegt, der Dampfzutritt aus dem Kessel aber geschlossen wird, nachdem der Cylinder gefüllt ist (damit der übrige Raum, wie wir schon sahen und weiter unten noch näher sehen werden, durch Expansion ausgefüllt werde); so strömt aus dem Dampfkessel für die nächste halbe Secunde kein Dampf ab; er häuft sich also für diese Zeit in dem Kessel an, und verursacht in demselben eine höhere Spannung. Es tritt dieser Fall besonders bei den einfach wirkenden Maschinen ein, bei denen während eines Auf- und Niederganges des Kolbens, der Cylinder nur einmal gefüllt wird, folglich der Dampf im Kessel abwechselnd während der zu einem Kolbenhube gehörenden Zeit abgeschlossen ist. — Diese bedeutend veränderliche Spannung wäre nicht nur dem Kessel nachtheilig, sondern würde auch eine unnöthige Vermehrung der Stärke desselben veranlassen. Man vergrößert daher lieber den Dampfraum so weit, daß die Schwankungen der Elasticität nicht merklich werden, welches der Fall ist, wenn man dem Dampfraum eine fünfzehnfache Kapacität des Cylinders giebt.

Für doppelt wirkende Dampfmaschinen, bei denen ein beinahe ununterbrochenes Ausströmen des Dampfes zum Cylinder stattfindet, ist ein so bedeutender Dampfraum nicht nöthig, wenn sie nicht mit Expansion wirken, in welchem Fall man dieselben Grundsätze, als bei den einfach wirkenden Maschinen anwenden kann.

Auch die mögliche Ungleichförmigkeit in der Feuerung macht eine Vermehrung des Dampfraumes nöthig, wobei übrigens ebenfalls die angegebene Größe des Dampfraumes hinreicht, besonders da man gewöhnlich mehre (noch zu erwähnende) Mittel anwendet, um die Gleichförmigkeit der Heizung zu bewirken.

Endlich wird durch den Dampfraum auch das Uebertreiben von Wasser in den Cylinder der Maschine vermieden, indem sonst durch die mit Gewalt ausströmenden Dämpfe eine Menge Wasser mit fortgerissen wird, welches verloren geht und obendrein ein Hinderniß in der Maschine ist. — Bei Kesseln, die nur Dämpfe zur Heizung, zu Siedeprozessen ꝛc. liefern, sind für 10 Kubikfuß verdampfende Fläche nur höchstens 3 Kubikfuß Dampfraum erforderlich.

Fernere Berücksichtigung in den Dampfkesseln verdient auch der *Raum für das Wasser*; denn da dasselbe in dem Maaße der Verdampfung immer wieder ersetzt werden muß, dieses Speisewasser aber in der Regel eine bedeutend geringere Temperatur, als das Wasser im Kessel hat, so würden die Schwankungen derselben bemerkbar werden, wenn der Zufluß in langen Zwischenzeiten erfolgte. Geschieht er aber, wie dieß bei den hierher gehörigen Einrichtungen der Fall ist, nur in kleinen Zwischenzeiten, so wird der Einfluß unbedeutend.

Ein nothwendiges Erforderniß ist es, die vom Feuer bestrichene Kesselfläche stets mit Wasser bedeckt zu halten, nach welcher Bedingung sich daher auch das Wasserquantum im Kessel richten muß; eine größere Menge ist nur für den Fall einer Unterbrechung des Zuflusses auf längere Zeit vortheilhaft. Es muß daher für eine genaue Regulirung des Wasserzuflusses, und dafür gesorgt werden, denselben von so hoher Temperatur als möglich, anzuwenden. Die Wassermenge kann in diesem Falle so gering sein, als es die Form des Kessels zuläßt. — Vortheilhaft ist eine bedeutende Wassermasse des Kessels in den Fällen, wo derselbe nicht für eine Maschine, sondern für Heitzung und Kokturen dient und dabei Dampf von höherer Spannung angewendet wird, wo wegen Mangel einer durch die Maschine bewegten Pumpe die regelmäßige Nachfüllung des Wassers weniger sicher ist. In diesem Falle sind einfache cylindrische, oder auch runde Kessel vorzuziehen.

Der Zweck, bei verminderter Wassermasse des Kessels eine hinreichend große verdampfende Fläche zu gewinnen (was besonders bei Dampfschiffen und Dampfwagen wichtig ist), hat verschiedene Abänderungen der Dampfkessel veranlaßt, die aus den schon weiter oben angeführten Gründen nur mit der cylindrischen Form ausgeführt worden sind. Wir werden einige der wichtigsten Arten dieser Kessel weiter unten in dieser Abtheilung, bei den *Dampfschiffen* und in der den Eisenbahnen gewidmeten Abtheilung dieses Theils, wenn wir von den *Dampfwagen* handeln, genauer kennen lernen; hier machen wir nur einige allgemeine Bemerkungen über dieselben.

Im Allgemeinen besteht die Einrichtung darin, daß der Feuerheerd im Innern des Kessels liegt. Es hat dieß zwar manche Nachtheile, z. B. zu leichte Abkühlung der äußern Kesseloberfläche, leichte Verbiegung des innern Heitzcylinders und leichtere Veranlassung zu Explosionen durch dieselben und endlich auch eine, durch die starke Ableitung der Wärme von dem, den Feuerheerd unmittelbar umgebenden Wasser, herbeigeführte, zu wenig lebhafte und unvollständige Verbrennung. Der letztere Uebelstand läßt sich entweder dadurch beseitigen, daß man den Feuerheerd mit feuerfesten Ziegeln umgiebt, oder daß man das Feuer mit einem Gebläse anfacht, oder den Zug durch eine Exhaustionspumpe, oder einen Ventilator, an dem Ende der Heitzröhre, verstärkt. Jedoch haben diese beiden letztern Mittel nur eine höchst beschränkte Anwendung, und werden bei den Dampfwagen kaum noch gebraucht. — Soll der Dampfkessel mit einer innern Heitzung versehen werden, was bei Dampfschiffen einen wesentlichen Vortheil hat, weil dabei kein Mauerwerk nöthig, und Feuersgefahr beseitigt wird; so ist es zweckmäßig, den innern Raum eines viereckigen Kessels mit viereckigen Heitz- und Rauchkanälen zu versehen, durch welche sich eine größere heitzbare Fläche gewinnen läßt und verhältnißmäßig weniger äußere Abkühlung stattfindet, während die viereckigen, durch die Kanten gesteiften Kanäle weniger von schädlichen Verbiegungen durch die Aenderung der Form zu leiden haben. Wir kommen bei den Dampfschiffen darauf zurück.

In Fig. 11, Taf. VII, ist ein besonders zweckmäßig eingerichteter Kessel mit inwendiger Feuerung, welcher in

Cornwall eine Dampfmaschine mit 70zölligem Cylinder treibt, abgebildet. Die Maschine dient zur Wasserhebung, wirkt einfach, gebraucht einen Dampf von etwa 30 Pfd. auf den Quadratzoll und ist der auf Taf. XXI abgebildeten Maschine ähnlich. Selbst wenn die Maschine die größte Wirkung thun muß, wo der Dampf nach ungefähr ²/₃ des Hubes durch Expansion wirken muß, kann dieser Kessel allein die verlangte Dampfmenge liefern, während sonst gewöhnlich zwei Kessel von solchen Dimensionen erforderlich sind. Bei voller Kraft macht die Maschine nämlich 9 Hübe, jeden von 9 Fuß, und übt etwa 180 Pferdekräfte aus. Die Größe der Rostfläche beträgt 28 Quadratfuß. a) Füllung aus Sägespänen und Asche; b) innere Feuerröhre; c) Speise- oder Vorwärmröhre. Die der Flamme oder der Hitze in den Zügen ausgesetzte Fläche verhält sich zu dem Wasserinhalte, im Vergleich mit einem Watt'schen Dampfkessel, beinahe wie 3 : 2.

Ueberall dann, wenn Dampf von hohem Druck erzeugt werden soll, ist es am zweckmäßigsten, Cylinder oder Röhren von um so geringerm Durchmesser anzuwenden, je größer der Druck des Dampfes werden soll. Röhren von geringem Durchmesser geben eine große Fläche bei geringem Wasserinhalte, und es kann ihnen, ohne ihre Wanddicke zu sehr zu vermehren, eine sehr bedeutende Stärke gegeben werden.

Als ein Beispiel, wie mehre dünnere Röhren zur Bildung eines Dampfkessels angewendet werden, dient der in der Fig. 3 und 4, Taf. XIII, dargestellte Woolfe'sche Kessel. Die 8 Röhren a a, Fig. 3, haben jede in der Mitte eine senkrechte Röhre; der größere Cylinder A ist an der untern Fläche mit 8 ähnlichen senkrechten Ansätzen oder Röhren versehen, in welche die einzelnen senkrechten Ansätze der Röhren a a eingeschoben und mit Eisenkitt wohl befestigt werden. Diese Röhrenverbindung liegt horizontal in dem Ofen, Fig. 4, welcher in der Mitte nach seiner Länge, oder in einer Ebene mit dem Längendurchschnitte der großen Röhre A, mit einer gemauerten Scheidewand versehen ist, welche sonach die Mitte der Röhren a a unterstützt, auch die Verbindung ihrer Ansätze und jene des Cylinders A vor der unmittelbaren Wirkung des Feuers schützt. Der Zug des auf dem Rost B brennenden Feuers geht zwischen den einzelnen Röhren 3 bis 7 hindurch, und durch die viereckige Oeffnung unter der achten Röhre tritt der Rauch hinter die Scheidewand in die hintere Abtheilung, durchstreicht auf dieselbe Art rückwärts die Röhren, und tritt bei der Röhre 1 in den Rauchfang. Der Cylinder A liegt unmittelbar auf dem dünnen Gewölbe und ragt nur mit etwa ¼ seiner obern Fläche aus dem Mauerwerk hervor. Die untern Röhren sind ganz, der Cylinder A zur Hälfte mit Wasser gefüllt, die übrige Hälfte dient als Dampfraum. Die Röhren dürfen jedoch nicht aus Gußeisen, sondern sie müssen aus Eisenblech bestehen. Die Scheiben an dem einen Ende der Röhren dienen zum Reinigen derselben.

Die Kessel der Dampfwagen enthalten an dem einen Ende den Heizraum, und von diesem nach der Esse führen sehr viele enge Röhren, durch welche die heiße Luft und der Rauch allein dorthin gelangen kann und daher an vielen Punkten Wärme an das Wasser absetzen. Wir kommen darauf zurück.

Ueber die Temperaturen der größten Verdampfung bei Kupfer und Eisen, sind neuerlich von dem Franzosen Galy Cazalat und dem Engländer Maugham Versuche angestellt; sie haben gefunden, daß sie bei Eisen unter einer Erhitzung der Kesselfläche von 166,6° R. und bei Kupfer unter 157,7° R. stattfinde.

Die der freien Luft ausgesetzte Fläche ist bei Dampfkesseln möglichst zu vermindern, oder vor der Luft zu schützen, weil sonst eine nachtheilige Abkühlung stattfindet. Es muß daher die freiliegende Oberfläche des Kessels mit einer Decke, die aus schlecht leitenden Materien besteht, versehen werden. Am besten ist eine Bretterbekleidung, und mit einer solchen werden auch die Kessel der Dampfwagen umgeben. Gewöhnlich bedeckt man die Kessel mit einem leichten Mauerwerk und bringt unter dasselbe erst Asche oder andere schlecht leitende Materien.

Als Brennmaterial bei der Dampfkesselfeuerung dienen Steinkohlen, Braunkohlen, Torf, Holz, selten nur Koaks und Holzkohlen. Steinkohlen sind das wirksamste Brennmaterial und daher werden sie auch, wo sie zu nicht zu hohen Preisen zu erlangen sind, vorzugsweise angewendet und zwar in der Art, wie sie im Handel vorkommen, nämlich in groben Stücken, untermischt mit kleinen. Bei Steinkohlenbergwerken und in deren Nähe, werden die kleinen oder Gruskohlen, welche sonst keinen Werth haben, vorzugsweise angewendet. Gewöhnlich werden die Steinkohlen in Zwischenräumen von 10 zu 10 Minuten mit der Schaufel von dem Heitzer eingetragen, welche Art der Speisung aber viele Nachtheile mit sich führt. Es wird nämlich dadurch häufig der ganze Heitzraum abgekühlt, das Feuer ist ungleichförmig und bewirkt daher eine ungleiche Dampfproduction. Nach jedem Aufgeben wird eine bedeutende Quantität Rauch entwickelt, welche wenigstens die ganze Umgebung sehr belästigt; es geht eine Menge Brennmaterial verloren und außer der Nothwendigkeit einer häufigen Reinigung, muß ein sehr aufmerksamer Aufseher für das Feuern gehalten werden. Endlich übt der plötzliche Temperaturwechsel, theils durch Oxidation, theils durch Ausdehnung einen verderblichen Einfluß auf die Haltbarkeit der Dampfkessel aus.

Man hat sich daher seit längerer Zeit bemühet, durch ein immerwährend und gleichmäßig erfolgendes Aufgeben des Brennmaterials — durch eine selbstspeisende Feuerung — durch mechanische Mittel, diesen Nachtheilen entgegen zu wirken. In Frankreich wurde einer dieser Apparate mit sich drehendem Roste, schon vor längerer Zeit aufgestellt, und in England wurde diese Einrichtung 1822 bedeutend vervollkommnet. Statt eines abwechselnden Aufschüttens brachte man einen immerfort schüttenden Trichter an, von welchem die Kohle nach einem Zerkleinerungsapparate geführt wird; von hier fällt sie nicht auf einen beweglichen Rost, sondern auf einen Ventilator, welcher sie gehörig ausbreitet und auf einen festen Rost fallen läßt. Der Franzose Collier verbesserte diesen mechanischen Aufschütter (distributeur mécanique) dahin, daß man ihn als einen sehr vollkommenen Selbstaufschütter für Steinkohlenfeuerung erkennen muß (Annales des Mines, 1837, 2 de Livr. p. 341 etc., nebst Abbildung auf Taf. VI und VII und auszugsweis im polyt. Centralbl. 1837, Nr. 43).

Die Einrichtung ist kurz folgende: Der Aufschütter ist an der äußern Wand des Ofens angebracht; er besteht im Wesentlichen aus einem stets schüttenden Trichter, unter welchem zwei eiserne Brechcylinder liegen, und aus zwei kreisförmigen Verbreitern (projecteurs), die aneinander stoßen, in einer und derselben Horizontalebene liegen und sich nach entgegengesetzten Richtungen bewegen. In dem Maaß, als die Steinkohle durch den Trichter niedergeht, wird sie theils in kleine Stückchen, theils in Staub verwandelt, fällt in dem Raume, welcher zwischen den Axen beider Verbreiter liegt, auf den letztern, und wird von ihnen über den Heerd verbreitet. Diese Verbreiter bestehen aus einer geraden, konisch zulaufenden Muschel, mit 6 trapezoidischen Schaufeln, welche rechtwinklig gegen die Muschel stehen. Sie machen in der Minute etwa 200 Umgänge und wirken daher außerdem auch noch als Ventilatoren. Die Menge des aufzuschüttenden Brennmaterials kann leicht durch eine Stellschraube moderirt werden; außerdem macht der Rost eine schwingende Bewegung. Der ganze Apparat ist von Eisen und an einer großen Platte befestigt, welche auf Rädern läuft und gegen jedes Schürloch angeschoben werden kann, so daß es gar nicht nöthig ist, eine Feuereinrichtung erst besonders zur Anwendung des Apparates einzurichten.

Die Resultate dieses, in erwünschter Thätigkeit stehenden Apparates sind folgende: 1) die Wirkung des Feuers ist vollkommen gleichmäßig. 2) Fast alle Theile des Brennmaterials werden verzehrt. 3) Der oben aus der Esse entweichende Rauch gleicht dem, welcher gewöhnlich von Holzfeuerungen in den Wohnungen entweicht; er ist rein und röthlich und bietet keine von den Unbequemlichkeiten dar, welche bisher die Nähe einer Dampfmaschine so wenig wünschenswerth machten. 4) Man gebraucht ungefähr $1/_{10}$ Brennmaterial weniger, als bei gewöhnlicher Feuerungsmethode. Es lassen sich mit Vortheil die an vielen Orten sehr wohlfeilen und in der Nähe der Steinkohlengruben oft ganz werthlosen Staub- oder Gruskohlen anwenden. 6) Der Rost wird von Zeit zu Zeit dadurch gereinigt, daß man, von dem Aschenfall aus, mit einer hakenförmig umgebogenen Stange unten gegen denselben klopft; es bleibt dann nur eine Schichte von etwa 1½ Zoll Dicke im Brande. 7) Der Heitzung braucht nicht so viel Aufmerksamkeit gewidmet zu werden, sondern der damit beauftragte Arbeiter kann weit mehr auf die Maschine achten; der Heizer braucht auch weniger Geschick zu haben. 8) Der Apparat läßt sich bei jedem System von Maschinen ohne Weiteres anwenden.

Die Kosten des Apparats belaufen sich auf 250 bis 300 Thaler; zu seiner Bewegung ist ungefähr ½ Pferdekraft erforderlich, welches Hinderniß reichlich durch die Vortheile ersetzt wird, die er gewährt.

Ehe wir nun zu der Betrachtung der übrigen Vorrichrichtungen an den Dampfkesseln übergehen, bemerken wir zuvörderst noch Einiges über die Anwendung der erhitzten Luft zu Dampfkesselfeuerungen, worüber im Jahr 1835 zu Mühlhausen im Elsaß (genau beschrieben und abgebildet in Dingler's polyt. Journal, Bd. 65, S. 81 ꝛc. und auszugsweise im polyt. Centralblatt 1837, Nro. 30) sehr sorgfältige Versuche angestellt wurden. Es mag das hier Bemerkte überhaupt für das gelten, was über Spei-

sung der Flammenofenfeuerungen mit erhitzter Luft bis jetzt gesagt werden kann. Gleich glänzende Resultate, wie bei hüttenmännischen Prozessen, können hier nicht erlangt werden, weil man bei Dampfkesselfeuerungen bereits unter Anwendung kalter Luft und mit zweckmäßig construirten Heerden nicht so weit hinter der Theorie zurückgeblieben ist, als dieß der Natur der Sache nach bei schachtförmigen Schmelzöfen der Fall ist. Der Theorie nach erzeugt nämlich 1 Kilogr. Steinkohlen beim Verbrennen soviel Wärme, als zur Verdampfung von 10 Kilogr. nöthig ist. Man ist aber durch gute Construction schon dahin gelangt, über 6, ja 7 Kilogr. Wasser durch 1 Kilogr. Steinkohle zu verdampfen; nähme man also dieselbe Vermehrung des Effects durch erhitzte Luft an, wie sie bei Hochöfen beobachtet wurde, um 50 Procent, so würde man hier die Theorie erreichen, was aber natürlich unmöglich ist. Je mangelhafter also vorher der Heerd eingerichtet, je schlechter die Qualität der Steinkohle war, desto größere Vortheile wird anscheinend die heiße Luft gewähren; im umgekehrten Falle aber weit geringere. Dieß muß bei Beurtheilung der Anwendung der erhitzten Luft bei Kesselfeuerungen wohl berücksichtigt werden.

Wir beschreiben einen der Apparate, mit denen die Versuche angestellt wurden. Der Dampfkessel versieht eine Färberei und ist ein 20′ langer, 5′ weiter Cylinder, von 3 Linien dickem Eisenblech, durch welchen zwei 15″ weite Circulationsröhren gehen. Der Rost ist 20 Quadratfuß groß und man kann auf demselben 4 Centner Steinkohlen in der Stunde verbrennen. Das Feuer streicht unter dem Kessel lang hin, in zwei Seitenkanälen zur Seite des Kessels wieder vor, darauf mittelst der erwähnten Röhren durch den Kessel hindurch und von da in die runde, 100′ hohe, unten 3′ und oben 2′ weite Esse. 30′ über dem Kessel sind zwei Wasserreservoire zu seiner Speisung angebracht. Das Niveau im Kessel wird durch einen Schwimmer regulirt. Der Zug mit kalter Luft ist sehr gut, die Flamme weiß, die Verbrennung der Kohle sehr vollständig. Ehe jedoch der aus dem Ofen entweichende Rauch in die Esse strömt, geht er durch die, vor der Esse, zwischen diesem und dem Kessel angebrachte, gemauerte Kammer für den Lufterhitzungsapparat, dessen Röhren er vor seinem Austritte von allen Seiten gehörig umspielt. Der Lufterhitzungsapparat ist folgendergestalt construirt: Auf dem Boden der erwähnten Kammer sind zwei Reihen heberförmig gekrümmter Röhren von Eisenblech aufgerichtet (im Ganzen sind 10—12 solcher Röhren vorhanden), so daß die beiden offenen Schenkel nach unten, die Krümmungen nach oben gerichtet sind. Die Oeffnungen der Schenkel gehen durch die, den Boden der Kammer bildende Eisenplatte hindurch und bilden daselbst natürlich vier Reihen; man theilt nun den Raum unterhalb der Eisenplatte durch zwei Scheidewände in drei Räume, nämlich zwei Seitenabtheilungen, in denen sich die äußern Schenkel jeder Röhrenreihe münden, und eine mittlere, in welcher die innern Schenkel beider Röhrenreihen sich öffnen. Die Abtheilungen communiciren nicht mit einander; die Seitenabtheilungen stehen mit der äußern Luft in Verbindung, die mittlere dagegen mit einem weiten Kanale, welcher unter der Kesselfeuerung hindurch bis unter den Rost führt. Ist der Kessel angefeuert und erwärmen sich die Röhren des Apparats, so wird natürlich äußere Luft

in die äußern Abtheilungen eintreten, durch die Röhren hindurch und so erhitzt auf dem angegebenen Wege zum Heerde strömen. Das Blech der Röhren ist $^1/_2$ Linie, nur am untern Theile, welcher die größte Hitze auszuhalten hat, 1 Linie stark. Dieser letztere Theil kann auch aus Gußeisen bestehen. Es versteht sich übrigens, daß die Einrichtung des Apparats überall leicht nach der Localität und dem erforderlichen Luftquantum verändert werden kann, wenn man nur das Prinzip beibehält. Die Feuerung muß so eingerichtet sein, daß sie auch nach Belieben, wie gewöhnlich, mit kalter Luft betrieben werden kann, im Falle der Erhitzungsapparat schadhaft wäre. — Mit diesem Apparat verdampften 2000 Kilogr. Steinkohlen, bei einer Temperatur der unter den Rost tretenden Luft von 100° C., 10600 Kilogr. Wasser, während bei kalter Luft dasselbe Kohlenquantum nur 10000 Kilogr. Wasser verdampfte. — Bei dem Lufterhitzungsapparat eines andern Dampfkessels ergab sich ein Ersparniß von 24 Procent zu Gunsten der erhitzten Luft; bei einer dritten Reihe von Versuchen fand man, daß, während man in einem Arbeitstage mit kalter Luft durchschnittlich 7072 Pfund Steinkohlen verbrauchte, diese Consumtion mit Luft von 130° C. nur 5395 Pfund betrug. — Obgleich nun die Anwendung der heißen Luft bei Dampfkessel-Feuerungen eben so wichtig, als vortheilhaft ist, so muß doch ein entschiedenes Urtheil darüber für jetzt noch aufgeschoben werden.

Wir wenden uns nun

5) zu der Betrachtung verschiedener **Vorrichtungen an den Dampfkesseln**. — Es gehören hierher: a) die regelmäßige Nachfüllung des Wassers, b) die Regulirung der Feuerung, c) die Sicherung gegen mögliche Zufälle durch zu große Spannung der Dämpfe.

a. **Apparate zum Nachfüllen oder Speisen des Kessels.** — Die Erhaltung der gehörigen Quantität und des erforderlichen Standes des Wassers im Kessel ist eben so wichtig, als daß das Feuer fortwährend die gleich große Fläche bestreiche, indem sich die Dampfmenge in demselben Verhältniß vermindert. Diese Nachfüllung des Speisewassers muß so gleichförmig als möglich geschehen.

Für **Kessel mit niederm Druck**, d. h. für solche, in denen die Spannnug höchstens nur 4 Pfund auf 1 Quadratzoll beträgt, ist die einfachste und sicherste Vorrichtung ein in dem Kessel senkrecht stehendes Füllungs- oder **Speiserohr**, welches in der Fig. 1 und 2, Taf. XIV, mit E bezeichnet ist. Diese Röhre geht durch den Kesseldeckel, auf welchem sie mittelst Scheiben oder Flantschen, die angeschroben worden, dampfdicht befestigt ist. Das untere Ende ist häufig umgebogen, damit kein Dampf durch dasselbe aufsteigen kann. Der obere Theil endigt sich in einen Behälter, von der in der Fig. 1 angegebenen Einrichtung, in welchen das warme Wasser mittelst einer Pumpe nachgefüllt wird. Auf dem Boden dieses Behälters befindet sich ein konisches, nach oben sich öffnendes Ventil, das durch den Hebelarm ef mit einem Drahte verbunden ist. An dem Ende dieses, durch die Stopfbüchse g gehenden Drahtes ist der Stein oder sogenannte **Schwimmer** S befestigt, dessen Gewicht durch das am andern Ende des Hebels befindliche Gewicht so balancirt wird, daß er auf dem Wasser schwimmt, nämlich bis zu seiner obern Fläche

in dasselbe eingetaucht ist. Dieser Stein muß im Verhältniß zur Oberfläche des Wassers so groß sein, daß er bei einer geringen Erniedrigung des Wasserstandes schon hinreichend wirkt. So wie nun die Wasserfläche und mit ihr der Stein etwas niedersinkt, so öffnet sich das Ventil in dem obern Behälter des Speiserohrs, und das Wasser tritt in den Kessel nach, bis durch das Steigen des Wasserstandes und des Steines das Ventil wieder geschlossen wird. Das durch die Speisepumpe in den Behälter gebrachte, überflüssige Wasser fließt durch eine am obern Theile desselben angebrachte Seitenröhre s, Fig. 2, wieder ab. Es folgt aus dieser Einrichtung, daß das Wasser in der Speiseröhre so hoch stehe, daß diese Wassersäule dem Druck des Dampfes gleich ist. Da das Wasser in dieser Röhre die Siedhitze hat, so entspricht dann die Säule von 3 engl. Fuß Höhe dem Druck von 1 Pfund engl. auf einen Kreiszoll, so daß also für einen Druck von 2 Pfunden jene Wasserhöhe 6 Fuß beträgt.

Bei Dampfkesseln, in welchen der Dampf nur einen geringen Druck ausübt, wie z. B. bei der Dampfheitzung, wobei er unmittelbar in die Heitzröhren abzieht, ist es hinreichend, seitwärts von dem Kessel ein etwas geräumiges offenes Gefäß anzubringen, dessen unterer Theil durch eine gehörig weite Röhre mit dem untern Theil des Kessels communicirt, und in welchem das Wasser (mittelst einer Schwimmkugel, die das Wasser aus einem höher stehenden, von dem abziehenden Rauche zu erhitzenden Behälter nach Bedarf ablaufen läßt) auf einer bestimmten Höhe erhalten wird.

Auf eine andere und selbst vorzüglichere Weise kann das Speiserohr mit einer **Schwimmkugel** versehen werden, wie dieß in Fig. 2, Taf. XV, vorgestellt ist. M ist die Speiseröhre, deren Behälter g durch die Röhre h mit warmem Wasser versehen wird, und die so hoch ist, als dem gewöhnlichen Drucke des Dampfes in dem Kessel entspricht; sie mündet sich unten in den Behälter d, welcher auf dem Deckel des Kessels befestigt und in dessen Boden das Ventil befindlich ist, das durch Steigen oder Sinken der Schwimmkugel a geschlossen oder geöffnet wird. Die Stange des Ventils geht in einer Stopfbüchse durch den Deckel des Behälters d, um die Bewegung derselben beobachten zu können. Die untere Fortsetzung der Speiseröhre ist die gekrümmte Röhre N, welche sich an dem, von der unmittelbaren Wirkung des Feuers am meisten entfernten Theile des Kessels öffnet, wo der Unterschied der Temperaturen des Speisewassers und jenes im Kessel minder groß ist. Die Schwimmkugel a ist aus zwei, aus starkem Kupferblech getriebenen und mit Schlagloth luftdicht zusammengelötheten Halbkugeln hergestellt. Bei Dampfkesseln mit niederm, die Atmosphäre gar nicht, oder nur wenig übertreffenden Druck, ist die Speiseröhre überflüssig, und der dann oben offene Behälter d ausreichend. Bei kleinen Dampfkesseln mit nur geringem Wasserzufluß und folglich nur dünner Speiseröhre, wird die Regulirung auch wohl mittelst eines, in jener Röhre befindlichen Hahnes bewirkt. Es liegt derselbe nämlich in dem Umdrehungspunkte eines doppelarmigen Hebels, und wird durch Steigen und Fallen eines, auf den einen Hebelarm wirkenden Schwimmers umgedreht, während sich an dem andern Hebelarm das Ausgleichungsgewicht befindet.

Bei Kesseln für höhern Druck des Dampfes müßte die Speiseröhre eine unbequeme Höhe erhalten und kann daher nicht angewendet werden, sondern das Wasser wird mittelst einer kleinen, durch die Maschine bewegten Druckpumpe, der Speisepumpe, eingepumpt, und um einen gleichförmigen Zufluß zu sichern, wird der in Fig. 5, Taf. XIII, dargestellte Apparat angewendet. H ist der Durchschnitt von einem Theil der obern Fläche des cylindrischen Kessels. Die beiden an derselben Stange befindlichen Ventile A und B sind von einem Gehäuse umschlossen, in welches die Röhren C und D einmünden. F ist die Schwimmkugel, deren Stand durch das Gewicht G gehörig balancirt ist. Durch die Röhre D wird von der Druckpumpe aus das Speisewasser eingetrieben. Sinkt der Wasserspiegel und öffnet sich daher das Ventil A, so tritt das ausgepumpte Wasser in den Kessel. Liefert die Pumpe mehr, als der Kessel verzehrt, so wird durch das Steigen der Schwimmkugel das Ventil A geschlossen und das Ventil B geöffnet, wodurch das durch die Pumpe überflüssig zugebrachte Wasser durch die Röhre C abfließt. Es giebt noch eine Menge anderer Speiseapparate, allein die beschriebenen erfüllen ihren Zweck so vollkommen, daß es überflüssig erscheinen würde, hier noch mehre zu beschreiben. Wir verweisen daher nur noch auf die, weiter unten angeführten Werke über Dampfkessel und Dampfmaschinen. Mehre der neuesten Apparate dieser Art, auch der vorzüglichen Speisepumpe des Baron Séguier's findet man beschrieben in Nro. 6 des polyt. Centralblatts von 1837.

Das Speisewasser muß, wie schon bemerkt, so warm wie möglich sein, und kann es daher nicht, wie bei den Hochdruckmaschinen, welche keine Condensation haben, aus dem Warmwasserbehälter gewonnen werden, so ist es zweckmäßig, einen eigenen kleinen Kessel anzubringen, welcher durch den von dem großen kommenden Rauch erwärmt wird, und mit diesem durch eine Röhre und mittelst eines Apparates mit Hähnen in Verbindung steht. Die Griffe der beiden Hähne sind nämlich gegen die Durchbohrung so gestellt, daß sie dieselbe Lage haben, oder sich parallel sind, wenn der untere Hahn offen und der obere geschlossen ist, oder umgekehrt. Werden nun beide Griffe durch denselben Zug aufwärts bewegt, so ist der obere Hahn geöffnet und der untere geschlossen; der Zwischenraum füllt sich also mit heißem Wasser aus dem kleinen Kessel. Bewegen sich dagegen beide Griffe durch den niederwärts gehenden Zug abwärts, so schließt sich der obere Hahn, der untere öffnet sich, und das Wasser fällt in den großen Kessel.

Um den Stand des Wassers in dem Kessel wahrzunehmen und hiernach beurtheilen zu können, ob nicht eine Unregelmäßigkeit in der Wirkung des Speiseapparates vorhanden ist, dienen die in Fig. 1, Taf. XIV, mit Z bezeichneten zwei Hähne (gauge cocks), beide mit abwärts gehender Röhre versehen, deren Stellung an dem Kessel übrigens gleichgültig ist. Die Röhre des einen Hahns (des Wasserhahns) taucht mit dem untern Ende einige Zoll tief in die Oberfläche des Wassers; die Röhre des andern (des Dampfhahns) öffnet sich etwas über der Wasserfläche. Hat also das Wasser seinen gehörigen Stand, so strömt aus dem einen Wasser, aus dem andern Dampf; steht das Wasser zu tief, aus beiden Dampf, und wenn

es zu hoch steht, aus beiden Wasser. Bei Kesseln mit niederm Drucke kann der Wasserstand auch durch eine communicirende Glasröhre angezeigt werden.

Außerdem wendet man auch zur Signalisirung des zu niedrigen Wasserstandes verschiedene andere Mittel an, z. B. eine am Ende einer Sicherheitsröhre befestigte Pfeife, welche durch den ausströmenden Dampf einen hinreichend lauten Ton angiebt, folglich anzeigt, daß die untere Oeffnung des Sicherheitsrohrs nicht mehr im Wasser steht. Statt des letztern kann auch ein Schwimmer angebracht werden, welcher ein kleines Ventil, das eine kurze Röhre, an deren Ende die Pfeife angebracht ist, von unten verschließt, in dem Falle öffnet, wenn der Wasserstand unter ein gewisses Niveau fällt. Statt der Pfeife kann auch eine Glocke so angebracht werden, daß sie ertönt, wenn das Niveau gesunken ist. Solche Mittel können wohl nebenbei angebracht werden, dürfen aber nicht zur alleinigen Richtschnur des Arbeiters dienen.

Das zur Speisung des Kessels verwendete Wasser ist nur selten rein, sondern enthält mehr oder weniger schwefel- und kohlensauren Kalk, zuweilen auch Kochsalz, Glaubersalz ꝛc., welche sich auf den Boden des Kessels als eine steinartige Rinde (Pfannenstein) absetzen. Die Bildung desselben muß möglichst verhütet werden, weil er nicht nur die Erhitzung des Wassers bedeutend erschwert, sondern auch der Kesselboden da, wo das Feuer anschlägt, in kurzer Zeit zerstört wird, indem hier die Metallfläche eine weit höhere Temperatur annimmt, als wenn sie unmittelbar von dem Wasser berührt würde. Zur Verminderung des Pfannensteins dienen folgende Mittel.

1) Man läßt die Mündung der Speiseröhre in den hintern, von dem Heerde entferntesten Theil des Kessels auslaufen, und versieht denselben, wie Fig. 2, Taf. XV, zeigt, mit einer Scheidewand o, wodurch der Bodensatz größtentheils in dieser, von dem Angriff des Feuers entferntern Abtheilung zurückgehalten wird, die dann auch mit ihrem eigenen Ablaßhahn versehen sein muß. Bei langen Kesseln ist diese Einrichtung so wirksam, daß jedes andere Mittel zur Verhinderung des Pfannensteins unnöthig ist.

2) Man bringt über dem Boden des Kessels, in einer Entfernung von 2—3 Zoll von dem höchsten Punkte desselben, wenn er einwärts gewölbt ist, eine flache eiserne Pfanne mit 3 bis 4 Zoll hohen Wänden an (die, wenn der Kessel cylindrisch ist, die gleiche Form hat, und mit dem Boden in jenem Abstande parallel läuft), beinahe so breit und lang, als der Kessel, die auf dem Kesselboden mittelst eiserner Füße ruht. In dieser Pfanne sammelt sich der Niederschlag, und kann daher die über dem Feuer liegende Fläche gar nicht, oder wenigstens nicht bedeutend überziehen.

3) Das gewöhnlichste Mittel, um die Festsetzung des Niederschlags an dem Kesselboden zu verhindern, besteht darin, daß man einige gekochte oder zerquetschte Kartoffeln, oder die Abfälle auf den Malzböden, unbrauchbares Mehl, ferner Pulver von Holzkohle, oder zerpulverten Thon auf den Kesselboden wirft. Die schleimigen Eigenschaften, die dadurch dem Wasser mitgetheilt werden, hindern das Niederfallen der in dem Wasser enthaltenen festen Theile.

4) Endlich muß das Wasser von Zeit zu Zeit abgelassen und der Kessel auch in längern Zwischenräumen gereinigt werden.

Dampfboote, die auf dem Meere fahren, und deren Kessel mit Wasser gespeist werden, welches 3 Procent Salze und auch etwas Gyps enthält, sind dem Uebel auch unterworfen. Um es möglichst zu vermeiden, läßt man immer eine Quantität des heißen Wassers aus dem Kessel ablaufen, so daß das in demselben befindliche einen gewissen Grad der Sättigung nie überschreiten kann.

b. Regulirung des Feuers. — Die Dampfmenge hängt bei gleicher Kesselfläche von der Stärke des Feuers ab, weshalb dessen Regulirung ebenfalls große Sorgfalt verdient. Außer einem sehr gleichförmigen Schüren, am besten durch mechanische Mittel, dient dazu, wie in allen ähnlichen Fällen, ein Register, welches den Luftzug mehr oder weniger absperrt. Damit der Maschinenwärter oder Schürer die Vermehrung oder Verminderung der Stärke des Dampfes beobachten könne, dient das Quecksilbervisir (Steam-gauge), welches auf Fig. 1, Taf. XIV, mit G bezeichnet ist. Es besteht aus einer eisernen ab- und aufwärts gebogenen oder zweischenkligen, mit Quecksilber gefüllten, gleich weiten Röhre, welche mit einer Scala versehen ist, die den Stand des Quecksilbers angiebt. In der niederwärts gehenden Röhre drückt der Dampf auf das Quecksilber und hebt dieses in der aufsteigenden Röhre so weit in die Höhe, bis der Ueberschuß dieser Höhe über jene, welche es noch in der ersten Röhre einnimmt, dem Druck des Dampfes gleich ist. Der unterste Punkt der Scale ist jener, wenn das Quecksilber in beiden Schenkeln gleich steht, also der Druck der Luft im Kessel jenem der atmosphärischen gleich ist. Von diesem Punkte aus trägt man auf der Scale halbe Zolle auf, von denen dann jeder einen Zoll Quecksilberhöhe und dessen Theile bezeichnet, oder einem Druck von 0,387 engl. Pfund auf den Kreiszoll, oder von 0,49 Pfund auf den engl. Quadratzoll entspricht. Giebt man jedem Theil der Scale 1,3 engl. Zoll und theilt diesen Raum wieder in 10 gleiche Theile, so giebt die Scale unmittelbar den Druck des Dampfes in Pfunden und Zehntelpfunden auf einen Kreiszoll an.

Auch das Thermometer ist ein sicheres Mittel, die Spannung des Dampfes im Kessel zu beobachten, besonders in den Fällen, wo das Quecksilbervisir wegen der hohen Spannung des Dampfes eine zu große Länge erhalten müßte; denn sobald man die Temperatur des Dampfes im Kessel kennt, so kennt man auch aus der, weiter oben bei den Eigenschaften des Dampfes mitgetheilten Tabelle, die Spannung desselben. Man befestigt das Thermometer mittelst einer Stopfbüchse in dem Kesseldeckel, und schützt die Kugel desselben mit einer durchbrochenen Halbkugel von Blech, die Röhre außerhalb des Glascylinders aber mit einem oberhalb geschlossenen, gläsernen Cylinder. — Außerdem kann auch noch ein Manometer angewendet werden, in welchem der Druck des Dampfes durch die Zusammendrückung der Luft angegeben wird, indem der Raum, in welchen die Luft zusammengepreßt wird, umgekehrt dem Druck proportional ist. Man benutzt mehre Vorrichtungen dieser Art, von denen einige der neuern und bessern im polyt. Centralbl. 1836, S. 1006 und 1837, S. 81, beschrieben sind, worauf und auf die citirten Werke über Dampfmaschinen wir verweisen müssen, da es uns hier zu weit führen würde, auch nur die wichtigern Manometer zu verdeutlichen.

Die Register zur Regulirung des Luftzuges sind Schieber, wie D, Fig. 1, Taf. XIV, welche entweder an der Stelle, wo die Züge des Kesselheerdes in den Rauchfang treten (in dem Rauchkanal), oder in dem Kanal, welcher die Luft unter den Rost führt (dem Luftkanale), angebracht werden. Letztere verdienen den Vorzug vor erstern. Denn 1) durch die plötzliche Verminderung des Querschnittes beim Eintritte des Zuges in den Rauchfang werden Hitze und Druck im Feuerraume vermehrt, und der Rauch strömt mit gleicher Hitze aus, was vermieden werden soll; 2) durch die Schließung des Rauchkanals kann sich in den Zügen des Heerdes Wasserstoffgas anhäufen und eine Explosion herbeiführen; 3) eine plötzliche Schließung des Rauchkanals, zumal bei starkem Zuge, kann durch die plötzliche Unterbrechung der Geschwindigkeit einen Rückstoß (nach Art der Wirkung des hydraulischen Widders) erzeugen, wobei ein plötzlicher Druck hervorgebracht und dadurch Beschädigung des Kessels herbeigeführt werden kann. Die Schließung des Luftkanals ist dagegen von diesen Nachtheilen frei, und erfüllt vollkommen den Zweck, da die Bewegung der heißen Luft aus den Zügen in den Rauchfang in dem Maaße von selbst aufhört, als der Zutritt der Luft in dem Feuerheerd abgesperrt ist.

Die Art und Weise, wie sich das Register von selbst regulirt (self-acting damper), ist in Fig. 1, Taf. XIV, angegeben. In dem Speiserohr E befindet sich ein hohler, gußeiserner Schwimmer, welcher an der, über die Rollen i k laufenden Kette hängt, die mit dem Schieber D verbunden ist. Dieser ist groß genug, den Rauchkanal gänzlich zu verschließen und bewegt sich mit so wenig Reibung als möglich in einem senkrechten Rahmen. Das Speiserohr, in welchem sich der Schwimmer bewegt, ist an diesem Theile weiter, damit um den letztern herum hinreichend Raum zum Durchfluß des Speisewassers bleibt; sein Gewicht ist durch Ausgießen mit Blei so regulirt, daß es das Gewicht und die Reibung des Registers und der Ketten gerade überwindet, folglich auf dem Boden dieses Theils von dem Speiserohr aufsitzt, und das Register sonach völlig aufgezogen ist, wenn noch kein Feuer unter dem Kessel ist, wonach dann auch die Länge der Kette abgemessen wird. So wie nun Feuer unter den Kessel kommt, und sich dieser mit Dampf füllt, treibt letzterer vermöge seiner Spannung das Wasser in der Speiseröhre in die Höhe und dadurch den Schwimmer, wodurch der Schieber in dem Rauchkanale in dem Verhältniß jener Wassersäule niedersinkt und den Kanal mehr oder weniger verschließt, und so umgekehrt, wenn das Wasser in der Speiseröhre sinkt.

c. Sicherheitsmaaßregeln. — Ein höchst wichtiger Gegenstand bei der Anwendung von Dampfmaschinen sind die zu nehmenden Sicherheitsmaaßregeln, indem die Erfahrung gelehrt hat, daß die größte Vorsicht kaum hinreicht, Explosionen zu vermeiden, nicht aber, sie unmöglich zu machen. Wirkliche gewaltsame Zerstörungen können eigentlich nicht leicht bei andern als bei Hochdruckmaschinen stattfinden, indem bei Dampf von niederm Druck die Spannung den atmosphärischen Druck nur um wenige Pfunde übersteigt; im Augenblick der Explosion stehen aber alle Dämpfe unter hohem Druck. Der den Explosionen am meisten, ja allein unterworfene Theil ist der Kessel, weil der Cylinder, so wie alle übrige betreffenden Stücke verhältnißmäßig viel

stärker gemacht werden können und der Druck in ihnen auf weit kleinere Flächen wirkt als im Kessel.

Alle Ursachen der Explosionen sind noch nicht völlig ergründet, wohl aber die hauptsächlichsten und gewöhnlichsten, die Herr Galy Cazalat in seinem weiter unten näher angeführten Werke „über die Dampfsböte" (polyt. Centralblatt 1837, Nr. 41) folgender Maaßen classificirt:

A. Explosionen durch allmählig gesteigerte Dampfspannung, welche nach und nach größer wird, als der Widerstand der Kesselwände. 1) Die Sicherheitsventile sind durch zu große Belastung oder durch eingetretene Adhäsion geschlossen. — 2) Der ausströmende Dampf öffnet die Sicherheitsventile nicht genügend, sondern setzt sie nur in Oscillationen. — 3) Die schmelzbaren Scheiben befinden sich, wie fast immer, in einer geringeren Temperatur, als die der untern Kesseltheile und des bewegenden Dampfes. — 4) Die schmelzbaren Scheiben sind nicht genau auf einen Schmelzpunkt eingerichtet. — 5) Der Widerstand der Wände ist durch eine ungleichförmige Ausdehnung zweier benachbarten Theile geringer geworden. Dieß kann eine Folge davon sein, daß das Feuer gegen den Kesselboden schlägt und denselben, namentlich wenn er mit einem Kesselstein belegt ist, durchbrennt; oder es kann dadurch hervorgebracht worden sein, daß das Metall in Folge des lebhaften Feuers dünner geworden ist, namentlich wenn es anfänglich sehr stark war, um einer bedeutenden Dampfspannung zu widerstehen.

B. Plötzliche Explosion, durch augenblicklich erzeugte, zu große Dampfspannung, welche gegen die ungleich erwärmte Kesselfläche eben so wie ein Stoß wirkt. 1) Das Wasser ohne beigemischte Luft und ohne nachtheilige Strömung erhebt sich, ohne zu verdampfen, bis zu einer Temperatur, welche fast gleich oder höher ist, als die Temperatur, welche dem Dampf eine höhere Spannkraft giebt, als die Kesselwände zu ertragen vermögen. Ist das Wasser so überhitzt, so stört ein Zuwachs an Wärme oder eine Veränderung des Drucks das Gleichgewicht der Verdampfung, und es bildet sich Dampf von so hoher Spannung gleichzeitig in der ganzen Masse. — 2) Wenn das Wasser im Kessel zu tief gefallen ist, so tritt eine zu starke Erhitzung der obern Kesseltheile ein, das siedende oder über den Siedpunkt erhitzte Wasser wird gegen die erhitzten Kesselwände geschleudert und verdampft plötzlich in großen Quantitäten. — Ein Stoß, die Verminderung einer früher erfolgten Geschwindigkeit, eine Woge, oder irgend eine andere mechanische Einwirkung auf die Bewegung der Oberfläche des Wassers im Kessel kann bei sich bewegenden Dampfmaschinen Veranlassung werden, daß das Wasser gegen die Kesselwände spritzt. Eben so kann eine plötzliche Verminderung der Dampfmenge im Kessel bewirken, daß sich plötzlich viel Dampf aus der Flüssigkeit entbindet und dabei das Wasser zum Aufsteigen und Aufschäumen im Kessel nöthigt. — Eine solche Verminderung der Dampfmenge im Kessel kann aber Folge eines unerwarteten plötzlichen Ausströmens der Dämpfe, oder einer gesteigerten Verwendung derselben sein. — 3) Wenn der Kesselboden mit einem Niederschlage belegt ist, der die Wärme schlecht leitet, so erhitzen sich die Kesselwände bedeutend stärker, als sonst erfolgen würde, und der Niederschlag selbst erhält einen größern Hitzgrad, als das darüber befindliche Wasser.

Eine Verminderung des Druckes, ein stärkeres Anschlagen der Flamme, oder eine andere Steigerung der Temperatur kann die unterste Schicht so erhitzen, daß das darin enthaltene Wasser plötzlich verdampft, der Pfannenstein wird erhoben, theilt dem umgebenden Wasser die größere Hitze mit und erlaubt ihm zugleich, mit der glühenden Metallfläche in Berührung zu kommen, die von der Bedeckung des Kesselsteins entblößt ist.

C. Kessel in die Atmosphäre geschleudert. 1) Wenn die Wandfläche des Kessels, gegen welche das Feuer am stärksten wirkt, mit einer starken Kruste überzogen ist, so kann irgend eine Ursache eine Trennung der Kruste am Kessel bewirken; das dazwischen gekommene Wasser verdampft bei der ungemein hohen Temperatur plötzlich und wirft den Pfannenstein und das Wasser, ja den ganzen Kessel nach oben, wenigstens wird dieß für die Ursache solcher, freilich sehr einzeln dastehenden Ereignisse angesehen, bei denen der ganze Kessel empor geschleudert wurde. — Bei einer gewissen Temperatur muß allerdings, in Folge der verschiedenen Ausdehnung des Pfannensteins und der Metallfläche eine Trennung beider erfolgen und dadurch ein Theil des Wassers in unmittelbare Berührung mit der glühenden Metallfläche kommen; vielleicht ist es auch möglich, daß das Wasser unter Einwirkung des starken Drucks die erdige Kruste zu durchdringen vermag. — 2) In sehr seltnen Fällen könnte sich auch unter dem Kessel eine Quantität explodirbares Gas entwickeln, dessen Wirkung den Kessel emporschleudert. — 3) Wenn unter dem Pfannenstein ein Stück des Kesselbodens rothglühend wird und dann dem Dampfdrucke einen geringern Widerstand entgegensetzt, so kann sich der Dampf unten einen Ausweg bilden, und dann natürlich gegen den Kesseldeckel stärker pressen, als gegen den Kesselboden, wodurch ein Aufheben des Kessels nothwendig bewirkt wird.

D. Eindrückung des Kessels. Bei großen, mit ebenen Flächen versehenen Kesseln, welche kein nach Innen sich öffnendes Sicherheitsventil haben, kann sich durch Condensation der Dämpfe ein luftleerer Raum bilden, durch welchen der Atmosphärendruck rege gemacht wird, der so stark wirken kann, daß ihm die Kesselwände nicht gewachsen sind.

Die gegen die Explosionen der Dampfkessel zu treffenden Vorsichtsmaaßregeln sind folgende:

1) An und für sich schon, vor Allem die Wahl eines schicklichen Materials zum Kessel; Gußeisen sollte, wie schon weiter oben bemerkt, möglichst ganz vermieden werden, denn bei eintretenden Unfällen reißt Kupferblech langsam und gefahrlos auf, Eisenblech berstet schon schneller, Gußeisen wird aber in Stücken umher geschleudert.

2) Probiren des Kessels. Jeder Kessel sollte vor dem Gebrauche mittelst einer Wasserpresse probirt werden; ein eisenblecherner oder kupferner wenigstens auf das Dreifache, ein gußeiserner, oder die noch angewendeten Röhren aus diesem Material, auf das Fünf- bis Sechsfache desjenigen Druckes, mit welchem das Sicherheitsventil belastet wird. Dennoch sind die Kessel oder die deren Stelle vertretenden Röhrensysteme eher noch stärker, als eben nöthig, zu machen, damit nicht durch das Probiren selbst erst eine Schwächung entstehe. Bei Tellerventilen ist die Probe erst dann als gültig anzusehen, wenn das Wasser rings um dieselben herausdringt.

3) Sicherheitsventile (safety-valves, englisch). Dampfkessel mit niederem Druck und mit geringer Wandstärke müssen zweierlei Sicherheitsventile haben, ein inneres und ein äußeres. Das erstere hat den Zweck, eine Beschädigung des Kessels durch den Druck der Luft auf die äußere Fläche zu verhindern, wenn beim Nachlassen der Feuerung eine Verdichtung des Dampfs im Kessel erfolgt, in welchem Falle er zusammengedrückt werden kann. Dieses innere Sicherheitsventil ist ein kegelförmiges, sich nach dem Innern des Kessels zu öffnendes Ventil, an dem einen Ende eines Hebelarms sitzend, in dessen anderm Ende sich ein Gegengewicht befindet, welches das Ventil von innen an die Oeffnung mit einer Kraft andrückt, die etwa 3 Pfd. auf den Kreiszoll beträgt, so daß sich also dieß Ventil öffnet und der atmosphärischen Luft Zutritt in das Innere des Kessels gestattet, wenn der Druck des Dampfes in letzterem um so viel geringer wird, als jener der äußern Luft. Dieses Ventil wird gewöhnlich auf dem Deckel des Fahrlochs M, Fig. 1, Taf. XIV, angebracht, wie aus V ersichtlich ist. Bei Hochdruck-Dampfkesseln ist die Anbringung dieses innern Ventils überflüssig.

Das äußere Sicherheitsventil öffnet sich nach außen und ist entweder unmittelbar oder mittelst eines Hebelarms mit einem Gewichte beschwert, welches der Kreisfläche der durch die Ventilplatte verschlossenen Oeffnung, multiplicirt mit der höchsten Belastung des Ventils, gleich ist. Hat z. B. die Ventilöffnung einen Durchmesser von 3″ oder von 9 Kreiszollen und der Druck auf einen Kreiszoll, bei welchem sich das Ventil öffnen soll, betrage 4 Pfd., so ist die Belastung = 36 Pfund. Gewöhnlich, besonders bei den Kesseln der Hochdruckmaschinen, wirkt das Gewicht an dem Ende eines einarmigen Hebels, damit kein so großes Gewicht nöthig ist und man das Ventil leicht öffnen kann. Der Druck, auf welchen das Sicherheitsventil eingerichtet wird, ist für den Quadrat- oder Kreiszoll immer um einige Pfunde größer, als der höchste Druck des aus dem Kessel tretenden Dampfes. Man kann ihn um ein Drittel höher nehmen, als der gewöhnliche Druck des Dampfes sein soll und hiernach die Stärke des Kessels bestimmen.

Bei der Anlage dieses Sicherheitsventils, welches ohne Ausnahme auf allen Dampfkesseln angebracht wird und dessen richtiges Spiel für die Sicherheit von größter Wichtigkeit ist, hat man folgende Vorsichtsmaaßregeln zu beobachten:

a) Das Ventil muß mit einem Gehäuse umschlossen werden, damit die Belastung des Hebelarms nicht ohne Vorwissen des Werkmeisters vermehrt, oder wenn es, wie an einer Schnellwage zum Verschieben eingerichtet ist, nicht weiter hinausgeschoben werden kann. Eine Fortsetzung des Hebelarms außerhalb des Gehäuses dient dazu, das Ventil nach Belieben lüften zu können. Dieses Umschließen mit einem Gehäuse hat zugleich den Zweck, den nach Oeffnung des Ventils entweichenden Dampf durch ein Rohr in den Rauchfang abzuleiten. Eine solche Einrichtung ist in der Fig. 1, Taf. XIV in W angegeben. Die Röhre l leitet den Dampf ab. Auch ist es zweckmäßig, wenn an jedem Kessel zwei Ventile vorhanden sind und das eine davon dem Heizer unzugänglich, das andere aber so eingerichtet ist, daß es dieser Arbeiter von seinem Standpunkte aus, mittelst einer Schnur, leicht aufziehen kann. Zweckmäßiger ist es aber, ein einziges Sicherheitsventil wohl zu erhalten und zu besorgen.

b) Das Ventil darf keinen hohen Kegel bilden, indem es sonst leicht rostet oder sich einleimt und seinen Dienst versagt. Die beste Neigung der konischen Seitenflächen beträgt 45° und es müssen dieselben im Verhältniß zum Durchmesser nur schmal sein. Ein großes Ventil wirkt daher immer sicherer und gestattet auch beim Gebrauch dem Dampf einen hinreichend weiten Ausgang. Die Größe der Oeffnung muß proportional der Dampfmenge sein, die ausströmen muß, damit die Spannung des Dampfes im Kessel konstant bleibt. Die Adhäsion des Randes der Ventilplatte wird am Vollkommensten vermieden, wenn man für dieselbe eine halbe oder selbst eine ganze Kugel wählt, die auf dem scharfen, oder nur wenig ausgedrehten Rande der Ventilöffnung aufliegt. Wir werden solche Kugelventile bei dem Dampfwagen näher kennen lernen. Die Ventile werden aus Messing oder Bronze gemacht.

c) Die Ventilöffnung darf durchaus nicht mit einer flachen Platte geschlossen werden, indem eine solche, wenn sie von dem Dampfe gehoben wird, sein stetes Ausströmen um so mehr hindert, jemehr ihre Fläche die der Oeffnung übertritt. Denn indem der Stoß des durch die Oeffnung strömenden und sich plötzlich ausdehnenden Dampfes, sich über die Fläche der sich lüftenden Platte verbreitet, wird er im Verhältniß der vergrößerten Fläche und der Ausdehnung des Dampfes vermindert, so daß die Platte auf und nieder oscillirt. — Uebrigens ist die Einrichtung der Sicherheitsventile sehr verschieden.

Außer dem Sicherheitsventil erfüllt ein Sicherheitsrohr denselben Zweck und zwar mit vollständiger Sicherheit. Für Kessel mit niederm Druck dient hierzu eine senkrechte, in das Wasser des Kessels tauchende und oben offene Röhre. Eine solche ist in Fig. 2, Taf. XIV, vorgestellt und nicht T W bezeichnet. Sie ist unten umgebogen, damit kein Dampf von der Bodenfläche des Kessels in dieselbe aufsteigen kann, und das untere Ende öffnet sich einige Zolle unter dem Wasser. Die Röhre U dient zum Abführen des heißen Wassers, wenn dieses etwa durch den stärker drückenden Dampf aus dem Kessel gehoben wird, und der obere Theil dieser Röhre V führt den Dampf ab, wenn dieser aus dem Kessel durch das Sicherheitsrohr tritt. In diesem Rohre hat bei dem gewöhnlichen Gange des Kessels das Wasser die dem Druck des Dampfes entsprechende Höhe, also für jedes Pfund Druck auf den Quadratzoll etwa 2½ Fuß Wasserhöhe, so daß für 4 Pfund Druck die Höhe etwas über 10 Fuß beträgt. Erlangt der Dampf im Kessel eine höhere Spannung, so treibt er das Wasser in die Höhe, wodurch der Schwimmer niedersinkt, und aus dem Speiserohr M kälteres Wasser nachfließt, wodurch der Kessel abgekühlt und das Gleichgewicht wieder hergestellt wird. Erfolgt das Nachtreten des Speisewassers nicht schnell genug, so strömt der Dampf durch das Sicherheitsrohr aus. Diese Vorrichtung leistet für Kessel mit niederm Druck vollkommene Sicherheit, bei solchen mit hohem Druck müßte aber die Wassersäule zu hoch sein; allein bei dieser dient zu demselben Zweck das schon oben erwähnte Quecksilber-Visir, welchem man nur die erfor-

derliche Länge und zum freien Ausströmen nöthige Weite geben muß.

4) Besonders zweckmäßig, wegen ihrer Unabhängigkeit von äußern Einflüssen, sind **Scheiben von einer leichtflüssigen Metall-Legirung**, welche in den obern Theil des Kessels eingesetzt werden. Es sind deren zwei anzubringen; die erste, wenigstens von gleichem Durchmesser mit dem Sicherheitsventile, muß bei einem Hitzgrade schmelzen, welcher bei Dämpfen bis zu etwa 8 Atmosphären die der Spannung, auf welche die Stärke des Kessels geprüft worden, entsprechenden Temperatur um 8° R. übersteigt; die zweite, von dem doppelten Durchmesser der ersten, soll jenen, der Stärke des Kessels entsprechenden Hitzegrad um 16° R. übersteigen und mit dem einen Sicherheitsventile unter einerlei Verschluß stehen, weil sonst, wie aus der Erfahrung bekannt, die Arbeiter kaltes Wasser auf die Scheiben leiten, damit solche eine höhere Spannung aushalten können. Um zu verhüten, daß diese Platten nicht, nach begonnener Erweichung, eher durchgedrückt werden, bevor die Hitze den bestimmten Grad erreicht hat, darf man nur ein enges, hinlänglich starkes Drahtgewebe darüber befestigen.

Man hat gegen diese Scheiben eingewendet, daß sie, wenn sie geschmolzen seien, den gesammten Dampf aus dem Kessel entweichen lassen; daß dieser weder sogleich ersetzt, noch selbst durch die Oeffnung sogleich wieder verschlossen werden könne, und daß dieß vielleicht nur in Folge einer zeitweiligen, nöthig erscheinenden Steigerung der Hitze, in einem Augenblick geschehen könne, wo es die äußerste Gefahr bringe, wenn die Maschine zum Stillstande komme, z. B. bei Dampfschiffen beim Einlaufen in den Hafen oder dergleichen. — Diesem vorzubeugen, darf man nur die leicht flüssige Metallplatte unter derjenigen Oeffnung anbringen, in welcher das Sicherheitsventil spielt, letzteres aber für gewöhnlich offen erhalten. Ist diese Platte geschmolzen, herausgeworfen und das Uebermaaß von Dämpfen entströmt, so wird das Ventil geschlossen, welches, nebst der andern Platte, jedenfalls so lange hinlängliche Sicherheit gewährt, bis man über jenen kritischen Zeitpunkt hinweg zu einem ruhigern gelangt ist, in welchem man mit Bequemlichkeit eine neue Platte einsetzen kann.

Eine ähnliche Vorrichtung ist die, daß sich unter der fraglichen Scheibe ein Hahn befindet, welchen man, und somit die Oeffnung, sofort schließen kann, sobald die Scheibe geschmolzen und der Dampfüberschuß entwichen ist, welches einfache Mittel sich noch besser, und ohne die Maschine in Stillstand zu bringen, dazu eignet, eine neue Scheibe einsetzen zu können.

Endlich wird auch noch diesen Platten, wie überhaupt allen, sich mit einem Male öffnenden großen Sicherheitsventilen, der Einwurf gemacht, daß sie die Gefahr vermehrten, indem die plötzliche Aufhebung des Gegendrucks des Dampfes auf das Wasser, wie schon oben erwähnt, ein Aufwallen des letztern gegen die hocherhitzten Wände und dadurch eben erst eine übermäßige Dampfbildung hervorbringe u. s. w., weshalb ein allmähliges Dämpfen des Feuers durch Zugverminderung, Ablassen des heißen Kesselwassers, und gleichzeitiges Zupumpen von kaltem, langsames Abziehen der Dämpfe durch das Spiel der Maschine, das sicherste sei. — Dieser Weg möchte nun zwar sehr

zuverlässig, für den Augenblick der Gefahr aber und deren eiligst erforderte Beseitigung ganz unzureichend sein; weil, wenn überhaupt die Arbeiter so viel Aufmerksamkeit besäßen, um denselben zeitig genug einschlagen zu können, wohl sehr selten eine Gefahr eintreten dürfte. Bevor daher die Richtigkeit jener Annahme und die Nähe der damit verbunden sein sollenden Gefahr sicherer dargethan ist, als bis jetzt, bleiben die obigen Maaßregeln in ihrem vollen Werthe und sehr empfehlungswürdig.

Nach den vom **Ritter v. Reichenbach** u. A. angestellten Versuchen und unter vergleichender Anwendung der Arago'schen Formel für die Dampfelasticitäten, läßt sich von den, den verschiedenen Dampfspannungen entsprechenden Metallmischungen folgende Reihe zusammenstellen.

Ein Gemisch von			schmilzt bei einem Atmosphärendruck von	welcher gleich kommt einer Temperatur von
Wismuth	Zinn	Blei		
5	3	1	1,00	100° C.
5	4	1	1,95	120 „
11	12	12	2,46	127,5 „
1	0	1	2,91	133,3 „
1	1	1	3,00	135,1 „
2	3	3	4,31	147,4 „
1	1	0	4,70	150,7 „
2	5	3	5,40	156,1 „
7	12	12	5,66	157,9 „
5	12	12	6,35	162,5 „
0	3	2	7,28	168 „
1	2	0	7,61	170 „
1	3	3	7,66	170,2 „
3	8	3	7,75	170,8 „
1	4	4	9,15	177,9 „
1	5	3	10,16	182,4 „
2	8	3	10,33	183,2 „
1	6	6	12,00	190,0 „

Man hat auch **Blechscheiben** vorgeschlagen, welche in die Kesselwand eingesetzt werden sollen und deren Stärke so berechnet ist, daß sie bei einer Spannung reißen — was alsdann, bei ihrer geringern Stärke und Fläche, ohne Gefahr geschieht — und den Dampf entweichen lassen; — sie stehen den Metallscheiben weit nach. — Aehnlich, aber zweckmäßiger ist bei hochgespannten Dämpfen die Anwendung des, von Perkins bei seinen Dampfmaschinen angebrachten, trommelartigen Gefäßes von Kupferblech, welches durch eine hinreichend starke Röhre mit dem Kessel verbunden ist, und bei einer höhern, als der berechneten Dampfspannung — bei Perkins bei 1000 Pf. pro Quadratzoll — ohne alle Explosion zerreißt.

5) **Galy Cazalat's Apparat zum Verhüten von Explosionen der Dampfkessel.** Derselbe ist in Folge eines Preises, den der Pariser Verein zur Beförderung des Nationalgewerbfleißes darauf gesetzt hatte, entstanden, und als sehr sinnreich und vorzüglich hier (nach Dingler, Bd. 64, S. 241 ꝛc., auch polyt. Centralblatt,

1837, Nr. 42) mitzutheilen. Fig. 6, Taf. XIII, zeigt zu diesem Zweck einen Querdurchschnitt durch einen cylindrischen, mit zwei Schutzapparaten versehenen Kessel. A ist der Kessel, B der Heerd, C der Rost, D das Aschenloch. E ist eine senkrechte, an die beiden Kesselwände geschweißte Röhre, welche an ihrem obern und untern Ende offen ist, und in deren obern Theil über dem Niveau des Wassers zum Behufe des Eintritts von Dampf einige kleine Löcher gebohrt sind. Eine zweite ähnliche Röhre, F, hat mit der beschriebenen gleichen Zweck. G ist ein auf die Röhre E und F geschraubter Hahn und H ein kleiner Trichter, in den der aus leicht flüssigem Metall gebildete kegelförmige Pfropf a geworfen wird. Dieser Pfropf gelangt, mit seiner breiten Basis nach unten gerichtet, in das durch den Schlüssel des Hahns gebohrte Loch; dreht man denselben um, so kehrt sich der Pfropf auch um und fällt, indem er nunmehr seine dünnere Basis darbietet, in die Röhre E oder F, auf deren Boden rr gelangt, indem er durch den, durch die Löcher a eintretenden Dampf dahin getrieben wird.

Die Explosionen der Kessel lassen sich verhüten, wenn man den heißesten Theil derselben stets weit unter jener Temperatur hält, die der Dampf haben muß, wenn er die Kraft erlangen soll, welche den direct gemessenen Widerstand der Wände übersteigt. So lange man nun aber die Heizoberfläche naß erhält, wird kein Theil der metallenen Wand, sie besäße denn eine sehr bedeutende Dicke oder das Feuer wäre sehr lebhaft, merklich heißer werden können, als das Wasser, und mithin auch nicht im Stande sein, dieses augenblicklich zu verflüchtigen. Sobald sich hingegen zwischen dem Wasser und dem Metalle auch nur eine dünne Schicht von Pfannenstein ansammelt, so erhitzt sich das Metall in hohem Grad und es kann eine Berstung eintreten. Dasselbe würde der Fall sein, wenn der Wasserstand unter die Heizoberfläche herabsänke. Der Apparat des Hrn. Galy Cazalat hilft diesen Nachtheilen ab. Es ist nämlich an dem Theil des Kessels, an welchem sich die Bodensätze bilden und der der stärksten Einwirkung des Feuers ausgesetzt ist, eine Oeffnung angebracht, der gegenüber sich in dem obern Theil des Kessels eine gleiche Oeffnung befindet. Diese beiden Oeffnungen sind luftdicht durch eine cylindrische Röhre E ausgefüllt, deren unteres Ende durch eine Schulter zurückgehalten, während sie durch einen, mit einem Trichter versehenen Hahn G, den man an das andere Ende schraubt und der gegen den Kessel drückt, nach Oben zugezogen wird. Die innere kegelförmig ausgedrehte Mündung dieser Röhre wird luftdicht mit dem aus leichtflüssigem Metall bestehenden Pfropfe b, dessen kleinere Basis nach abwärts gerichtet ist, verschlossen. Die auf diese Weise an beiden Enden verschlossene Röhre communicirt durch mehre kleine Löcher a, welche weit über dem Wasserstande angebracht sind, mit dem im Kessel befindlichen Dampfe. In dem Hahn befindet sich eine Höhlung, die einerseits verschlossen ist, andererseits aber offen steht, so daß man in dessen Inneres einen Pfropf von der angegebenen Art fallen lassen kann. Dem durch die Löcher a eingetretenen Dampfe ist demnach einerseits durch den Hahn und andererseits durch den Pfropf der Ausweg versperrt.

Gesetzt nun, die Temperatur der Kesselwand überstiege in Folge der Niederschläge, welche sich ansammelten, die Gränze, welche der Dampf nicht überschreiten darf, so wird

der kegelförmige, in die Dicke des Metalles eingelassene Pfropf, der stets die Temperatur der Kesselwand erlangen wird, zu schmelzen beginnen, und in dem Augenblick, wo dieß stattfindet, wird er auch durch den Dampf ausgetrieben werden, so daß dieser nunmehr in den Heerd strömt und auf diesem die Verbrennung beinahe augenblicklich unterdrückt, indem er nicht nur das Brennmaterial auslöscht, sondern indem er durch seine Spannkraft zugleich auch die durch den Rost emporsteigende atmosphärische Luft zurücktreibt.

Das durch das Ausströmen des Dampfes entstehende Geräusch deutet an, daß sich Niederschläge im Kessel gebildet haben und daß eine Explosion nahe ist. Hat dieß Ausströmen eine Minute lang gedauert, so ist die Temperatur hinreichend gesunken und man kann, auf die weiter oben angegebene Weise, abermals einen schmelzbaren Pfropf einsetzen. Die cylindrischen Kessel müssen, wie Fig. 6 zeigt, mit zwei dergleichen Apparaten versehen sein; der eine unten am Kessel befindliche hat dann gegen die durch Niederschläge bedingten Explosionen, der andere hingegen, der in der Höhe des Wasserstandes angebracht ist, gegen die durch das Sinken desselben bedingten Gefahren zu schützen. Die Prüfung des Apparats durch eine Commission ergab, daß er seinen Zweck, Explosionen der Dampfkessel gänzlich zu beseitigen, vollkommen erfülle.

6. Die Speiseröhre und insbesondere die Speisepumpe bei Hochdruckmaschinen, sind stets im besten Zustande zu erhalten, damit nicht durch Hemmung des Zuflusses eine zu große Verminderung des Wassers im Kessel entsteht, welcher dann ein plötzlicher Einsturz einer Menge kalten Wassers folgt; obschon es daher nicht unzweckmäßig ist, so weit es die bestimmte niedrige Spannung der Dämpfe gestattet, als Sicherheitsventil ein mit Wasser gefülltes in den Kessel ausmündendes Rohr, so wie wir es weiter oben beschrieben haben, anzuwenden, so darf doch dazu nie das Speiserohr genommen werden.

7. Durch die Probehähne muß man sich von Zeit zu Zeit überzeugen, ob das Wasser noch gehörig hoch im Kessel steht; doch ist dabei nicht zu übersehen, daß, der Erfahrung nach, zuweilen beim Oeffnen des Wasserhahns selbst dann noch Wasser herausgekommen ist, wenn der Wasserspiegel im Kessel schon etwas unter der untern Mündung des Rohrs stand; — richtigere Anzeichen geben daher die Schwimmer, welche jedoch ebenfalls von allen Bewegungshindernissen frei erhalten werden müssen.

8. Auch das Manometer ist fortwährend genau im Auge zu behalten, um dem Gange und Grade der Dampferzeugung folgen und stets Sorge tragen zu lassen, daß es im guten Zustande bleibt. Es kann zwar in gewisser Hinsicht, wie schon bemerkt, ebenfalls als Sicherheitsrohr dienen, zu welchem Zwecke man nur oben an dem äußern, offenen Schenkel ein Gefäß anzubringen braucht, in welches der zu stark gespannte Dampf das Quecksilber hinausdrücken könnte, um sich einen Ausweg zu verschaffen, — indeß würde doch dieser Ausgang nie hinreichende Weite erhalten können, um Sicherheit zu geben, es auch in allen Fällen ganz unräthlich sein, das Manometer solchen Störungen auszusetzen.

9) Wenn die Maschine zum Stillstande kommt, muß das Feuer völlig ausgelöscht, und der Schieber im Schornsteine darf nicht eher geschlossen werden, wenn schon dieß

bei zeitweiligen Unterbrechungen eine übel angebrachte Sparsamkeit gern thut.

10) So weit als thunlich, sollen Dampfkessel nur außerhalb bewohnter Gebäude und Umgebungen angelegt werden, jedes Lokal, in welchem ein Dampfkessel aufgestellt ist, isolirt sein. Höchst zweckmäßig ist in dieser Hinsicht die in Frankreich gesetzlich bestehende Vorschrift: daß dieses Local wenigstens das 27fache des kubischen Kesselinhalts haben, so wie die in Preußen: daß der Raum für den Kessel, wenigstens an zwei freien Seiten, mit leichten Umfassungsmauern umgeben, und nur mit einem leichten Dache bedeckt, nicht überwölbt sein soll. Um dieses Local soll, nach erstern Vorschriften, gegen benachbarte Gebäude hin, in der Entfernung von 2 Meters (6½ rheinl. Fuß) von den Umfassungswänden eine 1 Meter (3¼ Fuß) starke Schutzmauer gezogen, der bleibende freie Zwischenraum aber ja nicht mit Materialien u. dgl. erfüllt werden.

11) Die persönliche Sicherheit der bei einem Dampfkessel Beschäftigten anlangend, so mag für den schlimmsten Fall darauf geachtet werden, daß fast jeder aus dem Innern des Kessels entspringenden Explosion ein lebhaftes Rauschen des Wassers in selbigem voranzugehen pflegt, wo dann Jeder auf seine Rettung bedacht sein kann.

Am Schlusse dieses Abschnittes über die Dampfkessel verweisen wir noch auf folgende Schriften, in denen speciell von dem Gegenstande gehandelt wird, ohne die allgemeinen Werke über Dampfmaschinen zu erwähnen, die am Schlusse des von denselben handelnden Capitels aufgeführt werden: *Leblanc* recueil industriel, II. Tafel 15—18 und 35—36, enthalten sehr genaue Abbildungen von verschiedenen Dampfkesseln, nebst erklärendem Text. — Péclet über die Wärme ꝛc. II. S. 1—167. *Grouvelle et Jaunez*, Guide du Chauffeur des Machines à Vapeur etc. Paris 1830. Prechtl, Artikel Dampfkessel im 3. Bde der techn. Encyklopädie (hier hauptsächlich benutzt). Handlexikon II. 429 ꝛc. (auch hin und wieder benutzt). *Galy Cazalat* Mémoire sur les bateaux à vapeur. Paris 1837, p. 100 etc. Arago über die Explosionen der Dampfmaschinen; Poggendorff's Annalen der Physik und Chemie, Bd. 18, S. 287 ꝛc., 415 ꝛc. Uebrigens enthalten das polyt. Journal von Dingler und das polyt. Centralblatt eine vollständige Aufzählung aller bei den Dampfkesseln und zu ihrer Sicherheit gemachten neuen Erfindungen und Verbesserungen, von denen manche sehr wichtig sind, die wir aber hier eben so wenig namentlich aufführen, als auch nur die wichtigern Resultate in diesem Werke aufnehmen können.

Ehe wir nun zu der Beschreibung der verschiedenen Systeme von Dampfmaschinen übergehen, reden wir erst von den Dampfleitungen, die bei allen Maschinen zur Verbindung des Cylinders mit dem Kessel und auch da angewendet werden, wo der Dampf zur Heizung, zur Koktur ꝛc. benutzt wird.

Wenn der Durchmesser der Dampfleitungsröhren 1½" übertrifft, so bestehen sie gewöhnlich aus Gußeisen, welches für diesen Zweck die größte Dauer, und bei der Dicke, in welcher solche Röhren gegossen werden müssen, eine überflüssige Stärke hat. Außer dem Gußeisen wendet man auch Kupfer- und Eisenblech an, welche durch Schlagloth angefertigt werden. Bei Dämpfen von niederer Spannung wendet man auch weißblecherne Röhren an, die mit Zinn gelöthet werden. Ein sehr geeignetes Material ist das Kupferblech, welches auch für weite Röhren nur dünn zu sein braucht, wogegen solche Röhren mit einem sich nach einwärts öffnenden Ventil versehen sein müssen, damit, wenn sich die darin befindlichen Dämpfe verdichten, die äußere Luft sie nicht zusammendrückt. Es gilt dieß auch von den weißblechernen Röhren. Eisenblecherne Röhren sind hauptsächlich zu den, von der Hauptröhre ablaufenden Seitenzweigen brauchbar.

Der Durchmesser der Leitungsröhren soll nicht größer sein, als gerade nöthig ist, um den Dampf in der beabsichtigten Spannung und Menge durchströmen zu lassen. Bei zu weiten geht zu viel Hitze durch die Wände verloren, bei zu engen muß der Dampf im Kessel eine unnöthig vergrößerte Spannung erhalten, um die in einer bestimmten Zeit erforderliche Dampfmenge durch die Röhre zu treiben. — Gehen von der Hauptleitungsröhre mehre Seitenröhren ab, die sich in das Wasser mehrer Siedegefäße einsenken, so tritt der Dampf aus denselben nur dann mit gleicher Geschwindigkeit, oder in der dem Querschnitte einer jeden Röhre proportionalen Menge aus, wenn die von dem Dampf in den Röhren zu überwindende Wassersäule gleich groß ist. Da dieß aber selten der Fall sein kann, so wird der Eintritt des Dampfes durch einen, an jedem Rohr befindlichen Hahn regulirt. Sind nun die Flüssigkeitssäulen, in welche diese Röhren eintauchen, ungleich, und sie sollen zu gleicher Zeit mit Dampf versehen werden, so stellt man die Hähne so, daß sie dem Dampf einen um so kleineren Durchgang gestatten, je geringer die Flüssigkeitssäule ist.

Die dampfdichte Verbindung der Röhrenstücke, aus denen eine Leitung besteht, wird außer der Löthung bei kupfernen und weißblechernen Röhren auf folgende verschiedene Arten bewirkt. — Die Verbindung mittelst Scheiben, Kränzen oder Flantschen (s. Fig. 1 und 2, Taf. XIV) wird hauptsächlich bei gußeisernen Röhren angewendet, an denen an jedem Ende eine mit mehren Löchern zum Durchstecken der Schrauben versehene Scheibe vorhanden ist. Die Metallstärke des Kranzes oder der Scheibe beträgt etwa das Doppelte von der der Röhren selbst, damit sie besser gegen das Abspringen geschützt sind. Die Anzahl der Schrauben beträgt nach dem Durchmesser des Kranzes 3, 6 bis 8. Zwischen die Kränze zweier Röhrenstücke wird ein locker geflochtener, mit einem Kitt aus Bleiglätte, Kalk und Leinöl überzogener Ring aus Hanf gebracht, und dann die Kränze mittelst der Schrauben gut zusammengezogen. Der Kitt wird bereitet, indem man gepulverte Bleiglätte mit gebranntem und an der Luft zerfallenem Kalk (zu gleichen Theilen) vermengt, und mit Leinöl in einem Mörser so lange stößt, bis daraus eine gleichmäßige Masse entsteht. Dieser Kitt wird in der Wärme nach und nach hart. Am leichtesten und sichersten kann man die Verkittung anbringen, wenn man in die beiden zusammenzufügenden Röhrenenden einen, einige Zoll breiten, aus dünnem Eisenblech zusammengebogenen Ring von gleichem Durchmesser mit der Röhre, einschiebt, so daß er zur Hälfte in der einen, zur Hälfte in der andern Röhre steckt, den Hanf mit dem Kitte um denselben herumwickelt, nun die Schrauben einsteckt, und die Scheiben mittelst der Schraubenmutter gut zusammenzieht. Diese Ver-

bindung wird sehr fest und dampfdicht. Will man den Geruch des Oeles vermeiden, der jedoch nur so lange dauert, bis der Kitt völlig trocken ist, so legt man eine Scheibe aus Zinn, oder aus einer Legirung von gleichen Theilen Blei und Zinn, zwischen die Scheiben, und zieht letztere mit den Schrauben gut zusammen. Bei dieser Einrichtung müssen jedoch die Scheiben gut auf einander passen.

Eine andere Verbindung ist die mit Schnautzen, indem das eine Ende des Röhrenstücks mit einer Erweiterung versehen ist, in welche das dünnere Ende des zweiten Stücks eingeschoben und verkittet wird. Diese Verbindungsart ist jedoch weniger fest, als die vorhergehende.

Eine dritte Art, mittelst eines Ringes oder Sattels, giebt ebenfalls eine leichte und dauerhafte Verbindung. Die Röhrenstücke sind dann gleich weit cylindrisch, ihre Enden werden zusammengestoßen, mit Hanf umwickelt und Kitt aufgetragen, dann der in zwei Hälften getheilte, $1\frac{1}{2}$ Röhrendurchmesser breite Ring von Eisenblech darüber gelegt, und mittelst der durch die Lappen gehenden Schrauben fest zusammengeschraubt. Sehr bequem ist diese Verbindungsart zum Einsetzen von Seitenröhren in die Hauptröhre. In diesem Fall ist jene mit einem halbcylindrischen Lappen versehen, in diese wird eine Oeffnung gebohrt, die Seitenröhre mit dem Lappen, nachdem man diesen mit einer Lage Kitt versehen hat, angelegt, ein diesem Lappen ähnliches halbcylindrisches Blech auf die obere Hälfte der Röhre gelegt, und das Ganze mit zwei Bändern, die mit Schrauben versehen sind, festgezogen. Auf diese Weise können an jeder beliebigen Stelle der Hauptröhre Seitenröhren eingesetzt werden.

Winkelverbindungen gleich weiter Röhren werden entweder durch kurze, rechtwinklig an einander liegende Röhrenstücke (Kniestücke), oder besser durch bogenförmige Röhrenstücke erreicht. Bei engen Röhren können die Kniestücke aus Blei bestehen.

Die Verbindung nicht weiter Röhren wird durch Zusammenschrauben bewerkstelligt, indem das eine Ende mit einem Schraubengewinde, das andere mit einer Schraubenmutter versehen ist. Röhrenstücke von Kupfer- und Weißblech werden durch Zinn zusammengelöthet.

Bei horizontal fortlaufenden Röhren wird die obere Hälfte durch den Dampf mehr erhitzt, als die untere, weshalb jene mehr ausgedehnt wird und eine leichtere Krümmung erlangt, welche jedoch auf die Festigkeit des Materials keinen Einfluß hat. Dagegen ist die Längenausdehnung wohl zu berücksichtigen. Diese beträgt für Gußeisen von 1—80° R. auf 10 Fuß Länge $1\frac{1}{2}$ Zehntellinie und für Kupfer $2\frac{1}{10}$ Zehntellinie, wonach sich die Größe der Ausdehnung für eine gewisse Röhrenstrecke bestimmen läßt. Es muß daher für diese Ausdehnung am Ende der Röhre der erforderliche Raum gelassen werden, und damit sich die Röhren der Länge nach ohne Widerstand bewegen können, läßt man dieselben auf Rollen ruhen, und bringt auch von 60 zu 60 Fuß eine verschiebbare Verbindung an. Eine solche kann darin bestehen, daß man die Schnautze oder den Muff des einen Stücks glatt ausdreht, und das hineinpassende entweder so genau abdreht, daß es dampfdicht hineinpaßt, oder es mit einigen Nuthen versieht und um dasselbe Hanf wickelt. In beiden Fällen kann es sich in dem Muff bewegen.

In langen Dampfleitungen, besonders in solchen, welche die Wärme nach außen mittheilen sollen, wie bei der Erhitzung von Luft und Flüssigkeiten durch Dampf, wird immer ein Theil desselben verdichtet, weshalb, wie wir weiter unten noch näher sehen werden, die Einrichtung so getroffen ist, daß das Kondensationswasser wieder in den Dampfkessel zurückfallen kann.

Röhren, die Wärme ausstrahlen sollen, bestehen am besten aus Gußeisen und schwarzem Eisenblech; wenn aber der Dampf so wenig als möglich Wärme verlieren soll, so müssen die Röhren entweder recht glatt und blank sein, wie es bei kupfernen und weißblechernen der Fall ist, oder sie müssen mit schlecht leitenden Materien umgeben sein. — Leitet man sie unter der Erde fort, so umgiebt man sie mit Spreu, Sägespänen, Kleie, Asche, Kohlenpulver, gebranntem und an der Luft zerfallenem Kalk, Ziegelstaub ꝛc., hütet sie aber vor jeder Feuchtigkeit. Laufen die Röhren über der Erde fort, so umgiebt man sie mit einem Gehäuse von Holz, welches man mit schlecht leitenden Materien ausfüllt, oder man umgiebt sie mit einer um 3 Zoll weitern Röhre aus blankem Kupfer- oder Weißblech, so daß die innere Röhre überall von einer stillstehenden, nicht leitenden Luftschicht umgeben ist. An beiden Enden verschließt man die ringförmige Oeffnung mit Werg.

Wir wenden uns nun zu der Beschreibung der verschiedenen wichtigsten Systeme von Dampfmaschinen. Der ältesten, zur Wasserhebung angewendeten Arten, der von Savary und Andern, bei denen der Dampf unmittelbar auf das zu hebende Wasser, oder auf einen auf demselben schwimmenden Kolben, immer aber in dem Gefäße selbst wirkte, in welchem das Wasser gehoben wurde, ferner der drehenden Dampfmaschinen wird hier weiter nicht gedacht, da sie gar nicht angewendet werden. Wir bemerken nur noch von den Letztern, daß die bessern Constructionen derselben in der Hauptsache darin bestehen, daß entweder der Dampf in die, durch bewegliche Klappen gesonderten, einzelnen Abtheilungen eines hohlen Radringes, — durch die Peripherie selbst, oder durch die hohlen Arme und die Axe, — eintritt, und zu gleicher Zeit auf jene Klappen und auf eingelassenes Wasser drückend, das Rad umtreibt; oder daß der Dampf, durch die Peripherie in ein feststehendes rundes Gehäuse eintretend, auf- und niederschlagende, an die Axe befestigte, oder auch feststehende Klappen im Kreise herum, vor sich hertreibt.

1. Atmosphärische Maschine.

(Atmospheric engine.)

Diese Maschinen, welche den übrigen Kolbenmaschinen in der Erfindung und Anwendung vorhergegangen sind, wurden ehemals so eingerichtet, daß der Dampf in dem Cylinder selbst, nachdem er den Raum unter dem Kolben ausgefüllt hatte, durch Einspritzen von kaltem Wasser condensirt wurde. Durch diese Methode geht aber viel Dampf und Brennmaterial verloren, weil der durch das Condensiren abgekühlte Cylinder einen Theil des neu eintretenden Dampfs nutzlos condensirt, bis er selbst wieder die Temperatur des Dampfes angenommen hat. Deßhalb ist diese Einrichtung, seit Watt's in diesem Zweige der Maschinenkunde Epoche machender Erfindung, die Condensirung außer-

halb des Cylinders in einem besondern Gefäß vorzunehmen, außer Gebrauch gekommen.

Fig. 1 und 2, Taf. XVI, stellt die neuere verbesserte Einrichtung der atmosphärischen Maschine, nach Tredgold's Entwurf, zur Wasserhebung, in einer Seiten- und in einer Ansicht von oben dar. C ist der oben offene Treibcylinder; A, I, B ist die Verbindung des Cylinders mit der Luftpumpe, dem Condensator und der Dampfröhre S. A die Luftpumpe, I die Injectionsröhre mit einem Hahn, durch welchen das Condensationswasser eingelassen wird; B die Steuerungsröhre mit den Steuerungskolben. Der Balancier f i wird durch ein gußeisernes Gerüst getragen, das zum Auseinanderlegen eingerichtet ist, damit die Maschine transportirt werden kann. Indem das Ende f des Balanciers sich hebt und mit ihm der Cylinderkolben, hebt sich mit dem Pumpenkolben die Stange F G, die gegen das Ende des Hubes, mittelst des hier befindlichen Ansatzstückes oder Hebekopfes, den in Rollen laufenden Wagen H rückwärts bewegt, folglich mittelst des Winkelhebels L die Stange O hebt, wodurch sich die Verbindung des Cylinders mit dem Condensator herstellt, indem zugleich das Wasser bei I einspritzt, die unter dem Kolben befindlichen Dämpfe verdichtet und eine Luftleere bildet. Der Kolben bewegt sich alsdann durch den Druck der Atmosphäre niederwärts und hebt die Pumpenstange Z. Am Ende des Niederganges bewegt der Kopf F der Stange F G, den Wagen H vorwärts, wodurch sich die Stange O senkt, also die Communication des Cylinders mit der Luftpumpe gesperrt, und jene mit dem Dampfrohr S geöffnet wird. Der Wagen H wird durch das Querstück oder den Rahmen K getragen, und der Hebel M dient zur Bewegung der Steuerung mit der Hand. e d ist die Radiusstange (siehe weiter unten die specielle Beschreibung des Parallelogrammes) und h i die parallele Stange des Parallelogramms, die nach der ganzen Länge durchgeführt ist. E ist die Kaltwasserpumpe für das Injectionswasser, und die Pumpe D hebt Wasser aus dem Warmwasserbehälter zur Speisung durch die Röhre Q, und zur Auflassung von etwas Wasser auf den Kolben durch die Seitenröhre P.

Berechnung der Maschine (nach Tredgold und Prechtl). Für den Druck der Atmosphäre = 1, wird als Verlust für diese Maschine bei der Temperatur des Condensationsraums von 41° R. angenommen:

Widerstand im Condensator	= 0,134
Kolbenreibung, Beschleunigung des Dampfes durch die Klappen und Abkühlung des Cylinders	= 0,124
Bewegung der Steuerung, Hebung des Injectionswassers und Reibung der Axen . .	= 0,100
Kraft für die Bewegung der Luftpumpe . .	= 0,100
	0,458

Demnach bleibt der effective Druck der Atmosphäre auf den Kolben = 0,542 oder 0,542 × 10 = 5,42 Pfund auf den Kreiszoll. Man erhält also die Wirkung einer solchen Maschine, wenn man 5,42 Mal das Quadrat des Kolbendurchmessers mit der halben Geschwindigkeit des Kolbens multiplicirt. Die zu dieser Wirkung gehörende Geschwindigkeit ist das Produkt aus dem Flächeninhalt des Kolbens in Fußen mit der halben Geschwindigkeit, mehr

ein Fünftel für Verlust an Dampf durch Abkühlung und unvollkommenen Kolbenschluß.

Der Cylinderdurchmesser sei z. B. = 30″, die Geschwindigkeit des Kolbens in 1 Minute = 200′; so ist die Wirkung = 5,42 × 900 × 100 = 478,800 Pfd. Die Dampfmenge (für 80° R.) ist = 4,906 × 100 × 1,2 = 588,72 Kubikfuß oder $\frac{588{,}72}{30{,}1}$ = 19,5 Pfund; folglich für 1 Pfd. Dampf = 25010 Pfund.

Man kann die atmosphärischen Maschinen auch mit Nutzen mit hochgespannten Dämpfen arbeiten lassen, daher zu wahren Hochdruckmaschinen gestalten, indem man den Kolben mit beliebig großen Gewichten belastet, den Dampf aber von einer solchen Spannung erzeugt, daß er denselben wirklich in die Höhe schiebt, worauf der Kolben beim Niedergange durch sein Gewicht den Atmosphärendruck so unterstützt, daß eine weit größere Kraft ausgeübt wird, als außerdem.

Vortheilhaft wirkt die Maschine übrigens auch mit Expansion, wenn die Steuerungsventile den Zufluß des Dampfes vor Beendigung des Kolbenhubes absperren. Es kann alsdann das Gegengewicht etwas geringer sein, da der Dampf bis zur Absperrung mit der Differenz seines Druckes über jenen der Atmosphäre auf den Kolben aufwärts wirkt.

Die atmosphärischen Maschinen können da, wo das Brennmaterial sehr wohlfeil ist, zur Wasserhebung in Kohlengruben, zur Wasserversorgung von Städten u. s. f., überhaupt zur Hebung großer Wassermassen angewendet werden; ihr Spiel ist einfach, sie sind leichter zu construiren und können daher ohne Schwierigkeit von gewöhnlichen, wenig geübten Arbeitern erbauet werden, indem ihre Erbauung weniger Sorgfalt erfordert als die von denjenigen, bei welchen der Dampf durch den Druck wirkt. Bei kleineren Dimensionen bieten sie weniger Nutzen dar, indem, wenn der Cylinder nicht mehr als 25 Zoll Durchmesser hat, der Kohlenverbrauch im Verhältniß zu dem Nutzeffect bedeutend wächst. Der Brennmaterialienverbrauch ist überhaupt bei ihnen sehr namhaft, indem eine starke Abkühlung der beim Niedergange des Kolbens mit der freien Luft in Berührung kommenden innern Cylinderfläche stattfindet; noch mehr aber bei denen, wo im Cylinder selbst eingespritzt wird. Auch wird den Dämpfen viel Wärme durch das Verdunsten des, zu dichterm Abschlusse des Kolbens über solchem stehenden, Wassers entzogen, während dasselbe auch unter den Kolben dringt und daselbst durch seine Verdunstung Gegendruck gegen den Niedergang erzeugt. — Im Allgemeinen werden die atmosphärischen Maschinen jetzt nur noch wenig angewendet, da sie das Doppelte oder Dreifache des Brennmaterials von den Watt'schen Maschinen verbrauchten.

2. Watt'sche Dampfmaschinen.

Bei diesen wird der Dampf nicht nur zur Hervorbringung des relativ leeren Raumes mittelst der Condensation benützt, sondern es wird zugleich der Druck auf den Kolben gegen den leeren Raum durch die Spannung des Dampfes selbst bewirkt, diese mag übrigens dem Druck der Atmo-

sphäre gleich sein oder ihn übertreffen; ja der Dampf kann in dem Cylinder selbst unterhalb der Temperatur von 80° wirken, weil dessen Druck in dieser Maschine von dem atmosphärischen unabhängig ist. Es sind diese Maschinen unter allen die vollkommensten, weil sie mit einer bestimmten Brennmaterialienmenge den größten Effect hervorbringen, indem der Nebenverlust bei denselben weniger bedeutend ist, und die Abkühlung im Innern des Cylinders, der noch bei der atmosphärischen Maschine mit Condensirung vorhanden ist, gänzlich vermieden ist. Diese Maschinen scheinen so ziemlich die Grenze der Vervollkommnung erreicht zu haben, deren sie fähig sind; denn von unzähligen Vorschlägen und Abänderungen in den einzelnen Theilen und in der Disposition des Ganzen, die seit 35 Jahren gemacht worden sind und die noch täglich gemacht werden (man sehe nur das Dingler'sche und das polyt. Centralbl.), haben sich nur wenige als hinreichend bewährt erhalten, wohin hauptsächlich die Verbesserungen an den Steuerungsventilen und deren Vereinfachung gehören, wie wir aus einer Vergleichung der Taf. XVII bis XXI sehen werden. Diese Maschinen, welche durch Druck und Condensirung der Dämpfe zugleich wirken, sind entweder einfach wirkend (single acting), oder doppeltwirkend (double acting). Bei den erstern wirken die Dämpfe nur beim Niedergange des Kolbens, bei letztern aber sowohl beim Auf- als Niedergange desselben.

a) Einfachwirkende Watt'sche Dampfmaschine. Die Einrichtung einer einfach wirkenden Watt'schen Dampfmaschine ist auf der Taf. XVII vorgestellt; sie wurde von Boulton und Watt selbst zur Wasserhebung bei den Chelsea-Wasserwerken erbaut. Wir wählen sie, um eine ächte Watt'sche Maschine in Beziehung auf Steuerung, die Verhältnisse und Operationen des Condensators, der Luftpumpe und änderer Theile der Maschine darzustellen. F ist die Dampfleitungsröhre, welche Kessel und Cylinder verbindet, von denen jener gänzlich mit Ziegelsteinen ummauert, dieser mittelst der Bolzen n n mit dem Boden des Maschinengebäudes fest verbunden ist. Der Cylinder ist oben mit einem Deckel verschlossen, durch welchen die Kolbenstange a, mittelst einer luft- und dampfdichten sogen. Stopfbuchse (stuffing box) geht. Der Balancier bewegt sich bei B um seine Axe oder Zapfen, und die Träger für die Zapfenlager werden von der Mauer E unterstützt.

Die Pumpenstange p, nebst einem Gegengewicht, ist an dem Ende A des Balanciers aufgehängt und sie sowohl, als auch die Kolbenstange a, sind durch Parallelogramme, die wir weiter unten näher beschreiben werden, mit dem Balancier A B so verbunden, daß sie bei jeder Lage desselben eine senkrechte Stellung haben.

M ist die Condensations-Cisterne und enthält die Luftpumpe N und den Condensor g. Mittelst der Kaltwasserpumpe y findet ein steter Zufluß von kaltem Wasser statt und der Ueberfluß wird nach dem Sumpf q abgeleitet. Auf diese Weise werden alle äußere Theile des Apparats in der möglichst niedrigen Temperatur erhalten.

Das oberste Dampfventil liegt bei F, das untere bei s, das Exhanstions- oder Entleerungsventil bei O. Diese Ventile (valves) werden durch die Steuerungsstange (plug tree) R bewegt, indem dieselbe mit Zapfen oder Daumen

(tappets) versehen ist, welche die Hebel bewegen, die ihrerseits auf die Ventile F, O, wirken.

Die Warmwasserpumpe, welche den Zweck hat, das von der Luftpumpe ausgegossene heiße Condensationswasser aus dem Sumpf g zu heben und dem Kessel zur Speisung zuzuführen, ist mit 20 bezeichnet. Das Wasser wird der kleinen Cisterne 14, am obern Ende der Speiseröhre zugeführt, deren Spiel weiter oben erklärt worden ist. Um Stöße zu verhindern, sind an dem obern Theil des Balanciers Querballen 13, 13, befestigt, die zu jeder Seite auf vier sich federnde Hölzer schlagen, welche auf dem Boden über der Maschine befestigt worden sind.

Ehe wir aber das Spiel der Maschine beschreiben, müssen wir erst, mit Hülfe der Fig. 4, Taf XV und Taf. XVI, die einzelnen Theile derselben näher kennen lernen. Figur 4 stellt den Durchschnitt durch den Cylinder, die Dampfröhre, den Condensator, die Luftpumpe, die Condensations- und die Warmwasser-Cisterne einer einfach wirkenden Maschine vor. C ist der Cylinder, P der Kolben, E die Dampfröhre, B der Condensator, A die Luftpumpe, K der Warmwasserkasten, H Ventil zum Ausblasen der Luft (blow valve); R Kolbenstange, welche durch eine Stopfbüchse geht, um den Cylinder dampfdicht zu machen; S die Admissions- oder Dampfleitungsröhre vom Kessel zum Cylinder; VD die Röhre, mittelst welcher der Dampf nach dem Condensator geleitet wird; G die Verbindungsröhre zwischen dem Condensator und der Luftpumpe mit dem Ventil G, welches sich nach dem erstern zu schließt; a, b, c sind drei andere Ventile: c öffnet und verschließt den Weg des Dampfes zwischen der Dampfleitungsröhre S und dem Cylinder C; b öffnet oder verschließt die Röhre oder den Weg E, welcher den obern oder den untern Theil des Cylinders verbindet; a öffnet und verschließt die Röhre (eductions-pipe) D, welche die Verbindung zwischen dem Cylinder und Condensator herstellt. L ist ein Hahn, welcher das Einspritzwasser in den Condensator führt, und O ist eine Röhre, welche den verdichteten Dampf und das Einspritzwasser aus der Luftpumpe A dem Warmwasserkasten K zuführt, um von diesem aus, wie schon bemerkt, durch eine andere Pumpe wieder in den Kessel zu gelangen.

In der Stellung, in welcher der Kolben dargestellt worden, hat der Kolben eben seinen Niedergang begonnen; das Ventil v ist verschlossen, das c geöffnet, so daß der aus dem Kessel herbeiströmende Dampf auf den Kolben gelangt und denselben niederwärts treibt; wogegen das Ventil a geöffnet ist, so daß der Dampf aus dem Theil des Cylinders unter dem Kolben in den Condensator gelangen kann. Sobald er in denselben hinein gelangt, wird er sogleich verdichtet, wodurch der Druck des Dampfes auf den Kolben wirksam wird. Gänzliche Verdichtung und Wegschaffung der Dämpfe ist nicht möglich; etwas Elasticität bleibt ihnen immer, und auf den Kolben wirkt daher eine Kraft, die gleich der Differenz zwischen der Elasticität des Dampfes im Cylinder und im Condensator ist. Wir wollen nun annehmen, der Kolben habe den niedrigsten Stand im Cylinder erreicht und das Ventil c sei geschlossen und somit das Zuströmen des Dampfes vom Kessel nach dem Cylinder unterbrochen; es sei ferner auch das Ventil c geschlossen, das Ventil b aber geöffnet. Beide Enden des Cylinders sind alsdann mit einander verbunden, das Ein-

laß- und das Auslaßventil sind geschlossen, der Kolben ist in einem Zustande des Gleichgewichts und das Gegengewicht am andern Ende des Balanciers will ihn wieder in die Höhe ziehen. Nachdem er am obersten Ende angelangt ist, werden das Einlaß- und das Ausgangsventil geöffnet, wogegen das Gleichgewichtsventil b geschlossen wird, die Dämpfe unter dem Kolben werden wieder condensirt und der Kolben geht wieder in die Höhe. Die von der Maschine bewegte Pumpe A drückt fortwährend das Condensationswasser in die Höhe und saugt dasselbe und Luft aus dem Condensator an. Ehe wir nun zu der Beschreibung verschiedener anderer Arten von Ventilen und Steuerungen übergehen, wollen wir erst zu der Taf. XVII zurückkehren und das Spiel der Maschine noch näher betrachten.

Nehmen wir an, daß der Kessel angefeuert worden; es werden dann alle Ventile mittelst Niederdrücken der Handgriffe von den beiden obersten Hebelarmen x und y, und durch Aufheben des untersten z, verschlossen und durch die respectiven Sperrhaken (catches) in dieser Stellung erhalten, bis daß hinlänglich Dämpfe vorhanden sind und die Maschine zum Arbeiten bereit ist. In diesem ruhenden Zustande der Maschine zieht das Gegengewicht den Kolben stets bis zu dem Deckel des Cylinders, wie es in der Abbildung der Fall ist. Auch der Luftpumpenkolben hat seinen höchsten Stand erreicht.

Um nun die Maschine in Betrieb zu setzen, müssen alle drei Ventile auf einmal geöffnet werden. Dieß geschieht dadurch, daß man die Spindeln von ihren Sperrhebeln löst, worauf die Gewichte sogleich die Ventile öffnen. Der Dampf tritt nun durch den Hahn F über den Cylinder und mittelst der Röhre r, durch das unterste Ventil O, unter den Kolben, endlich auch durch das Exhaustionsventil K in den Condensator L und treibt alle Luft vor sich her, welche durch ein in der Figur nicht sichtbares Ventil (snifting valve) entweicht. Anfänglich verdichtet die Kälte der Maschinentheile allen eintretenden Dampf, und dieß hört nicht eher auf, als bis das Eisen die Temperatur der Siedhitze erreicht hat. Dann hat der Dampf im Cylinder und in den Röhren dieselbe Kraft, wie in dem Kessel; er nimmt alle Räume der Maschine ein, nachdem alle vorher in denselben vorhandene Luft aus dem Ventil H, Fig. 4, Taf. XV, entwichen ist. Dieß Ventil ist in einem Kasten von etwas Wasser umgeben, um es dicht zu erhalten. Dieses Ausblasen der Luft (blowing through) findet aber nur beim Beginn des Betriebes einer Maschine statt. Man hört alsdann ein Geräusch wie beim Verknistern des Salzes in Feuer, welches durch plötzliche Verdichtung des in das Wasser durch H entweichenden Dampfes entsteht.

Nachdem man sich nun durch dieses knisternde Geräusch überzeugt hat, daß alle Theile der Maschine von Luft gereinigt sind, werden alle drei Ventile geschlossen, indem man die beiden obern Hebelarm-Handgriffe x und y, Figur 3, Taf. XVI und Taf. XVII, niederdrückt und niederhält, den untersten z aber emporhebt und mittelst des Sperrhebels 2 in dieser Lage erhält. Dadurch wird das weitere Zuströmen des Dampfes von dem Kessel unterbrochen, und eben so auch die Verbindung zwischen Cylinder und Condensator. Da nun die kalte Oberfläche des letztern einen bedeutenden Theil des Dampfes zu verdichten

fortfährt, so wird bald eine Luftleere im Condensator entstehen, während der Cylinder über und unter dem Kolben mit Dämpfen angefüllt ist. Die Luftleere im Condensator wird bald vollkommen werden, obwohl langsamer, als wenn ein eigentliches Einspritzen stattfindet.

Der Maschinenwärter läßt nun die beiden obern Handgriffe und Hebelarme x und y, durch ihre respectiven Gewichte emporsteigen; dadurch werden das obere Dampfventil, ferner das Exhaustions- und das Injectionsventil gehoben. Mittelst des erstern gelangt der Dampf in den obern Theil des Cylinders, um auf den Kolben zu drücken, während durch das letztere der schon im untern Theile des Cylinders befindliche Dampf in den luftleeren Condensator strömt. In demselben Augenblick des Oeffnens von dem Injectionshahn wird auch das Ventil a und das Exhaustionsventil gehoben. Dadurch wird kaltes Wasser in den Condensator gebracht und verdichtet den Dampf, sobald er aus dem Cylinder anlangt. Da nun der Druck des Dampfes auf den Kolben durchaus keinen Widerstand findet, so wird er niederwärts getrieben und zieht die Pumpenstange nebst den Pumpenkolben und den Wassersäulen über denselben in die Höhe, und zwar mit einer Geschwindigkeit, die proportional dem Druck des Dampfes und dem Durchmesser des Kolbens, verglichen mit der Höhe der Wassersäule in den Pumpen und dem Durchmesser des Kolbens ist. Nachdem aber der Kolben ungefähr ein Drittel seines Laufs zurückgelegt hat, stößt ein Ansatz oder Daumen des Steuerungsbaumes R den obersten Hebelarm x, drückt ihn nieder und hindert das weitere Herbeiströmen der Dämpfe vom Kessel. Derjenige Theil des Hebelarms, auf welchen der Stoß wirkt, wird senkrecht, wenn das Ventil verschlossen, indem der Arm zu dem Ende gebogen ist, weshalb der Baum mit dem Ansatz weiter niedergehen kann, ohne den Arm ferner nieder zu drücken, wogegen er ihn aber in seiner senkrechten Lage und das Ventil geschlossen erhält. Der Kolben fährt, wegen der Expansion des über ihm befindlichen Dampfes, nieder zu gehen fort. Nachdem er aber den untersten Punkt seines Standes erreicht hat, ergreift ein Ansatz an der entgegengesetzten Seite des Steuerungsbaums den Hebelarm y und drückt ihn nieder; dadurch wird die Stange 4 angezogen, das Exhaustionsventil k geschlossen, ferner auch mittelst der Stange 9 das Injectionsventil. Wenn der Sperrhaken 1 (siehe Tafel XVI, Fig. 3 — a) des Hebelarms y, auf den obern Haken t des Sperrhebels (detent) tr drückt, so hebt er den Sperrhaken 2 der untern Welle z auf. Das Gewicht n veranlaßt alsdann ein Niedersinken des Hebelarms z und veranlaßt die Stange 14, das untere Dampfventil O zu öffnen.

Betrachten wir nun den Stand der Maschine. Der mittlere Hebelarm y wird durch seinen Sperrhaken 1, der in den obern Haken t des Sperrhebels greift, niedergehalten und das Exhaustionsventil k geschlossen. Auch das obere Dampfventil F wird durch dieselben Mittel, wie bei den letzten zwei Dritteln des Niederganges von dem Kolben, geschlossen gehalten. Unter diesen Umständen hindert den Kolben nichts, mittelst des Gegengewichts S empor zu steigen, weil durch Oeffnen des untern Dampfventils O eine freie Verbindung zwischen dem obern und untern Theil des Cylinders hergestellt ist, und der Dampf in dem obern Theil des Cylinders durch die Röhre r strömen und eben

so schnell in seinen untern Theil gelangen kann, als der Kolben durch das Gegengewicht emporsteigt.

Wenn der Kolben ungefähr ein Drittel seines Aufganges von dem Deckel des Cylinders entfernt ist, so verläßt der Ansatz des Steuerungsbaumes den obern Hebelarm; allein derselbe kann noch nicht durch sein Gewicht in die Höhe steigen, um das obere Ventil zu öffnen, weil die Stange 5 von dem Hebel der mittlern Axe den kurzen Hebel 6 der obern Axe gehoben hält, und so dauert die Bewegung fort, bis der Kolben fast das obere Ende des Cylinders erreicht hat. Dann ergreift ein Daumen an dem Steuerungsbaum den untern Hebel x, hebt ihn auf und schließt das untere Dampfventil. Ferner geht der Sperrhaken 2 der untern Axe über den untern Haken v des Sperrhebels weg, bewegt sie um sich selbst und löst den Sperrhaken 1 der mittlern Axe von dem obern Haken t des Sperrhebels. Ist dieß der Fall, so veranlaßt das Gewicht der mittlern Axe den Hebel y aufzuschnellen und öffnet mittelst der Stange 4 das Exhaustionsventil und mittelst der Stange 9 auch das Einspritzventil. Zu gleicher Zeit verliert die obere Axe die Unterstützung der Stange 5, die sie emporhält, ihr Gewicht hebt den obern Hebel in die Höhe und durch Anziehen der Stange 2 öffnet er das obere Dampfventil F.

Der Dampf drückt nun auf die obere Fläche des Kolbens, während der unter dem Kolben befindliche Dampf in den Condensator strömt, wo er durch das kalte Einspritzwasser verdichtet wird und eine Luftleere in dem untern Theil des Cylinders hervorbringt, so daß der Kolben bis auf dessen Boden niedergehen kann.

Bei einem Drittel des Niedergangs drückt der Steuerungsbaum, wie vorher, auf den obern Hebel und hält ihn nieder, um das obere Dampfventil geschlossen zu halten; und wenn der Kolben den Boden erreicht hat, so drückt der Steuerungsbaum auf den mittlern Hebel y, um das Einspritz- und das Exhaustionsventil zu schließen. Durch Sperren dieser beiden wird das untere Dampfventil geöffnet. Der Kolben geht alsdann mittelst des Gegengewichts in die Höhe, und wenn er das Ende seines Laufs erreicht hat, so erhebt der Steuerungsbaum den untern Hebelarm x und schließt das untere Dampfventil, durch dessen Sperrung die beiden andern Hebelarme gelöst werden, welche das obere Dampf-, das Exhaustions- und das Einspritzventil öffnen, wodurch wiederum ein Niedergang des Kolbens bewirkt wird.

Wenn die Luft aus allen Theilen der Maschine durch Ausblasen gehörig entfernt worden ist, so beginnt die Wirkung der Luftpumpe nicht eher, als bis das Einspritzwasser und die aus dem heißen Wasser entwickelte Luft sich angehäuft haben; dann taucht der Kolben d (Fig. 3, Taf. XVI) der Luftpumpe bei jedem Niedergange in das auf dem Boden des Stiefels N befindliche Wasser, welches dann durch die Klappenventile im Kolben über denselben dringt. Geht er nun in die Höhe, so schließen sich die Ventile, und alles Wasser, welches über dieselben gedrungen war, wird bis zum obern Ende der Luftpumpe gehoben und dringt durch das Klappenventil g in der Röhre zwischen N und g in den Warmwasserkasten g. Unter dem Kolben entsteht durch dessen Aufgang eine Luftleere, und wenn dieselbe vollkommener als die in dem Condensator ist, welches der Fall

sein wird, da dieser entweder Luft oder Dampf enthält, so drücken dieselben vermöge ihrer Elasticität auf die Oberfläche des Wassers in dem untern Theile des Condensators und treibt es durch das Klappenventil in den untern Theil der Luftpumpe N, und nachdem alles Wasser aus dem Condensator entfernt worden, folgen auch die Luft und die elastischen Dämpfe, die in dem letztern enthalten sind, bis der Raum unter dem Luftpumpen-Kolben mit dem im Condensator gleich hoch angefüllt ist.

Dieß findet Statt, während der Kolben seinen höchsten Stand erreicht hat; bei seinem Niedergange wird der Raum unter ihm so lange vermindert, bis daß der verdünnte Dampf so lange gedrückt wird, um das Ventil m in der Verbindungsröhre zu verschließen und die Ventile in dem Kolben d zu öffnen. Hat der Kolben seinen niedrigsten Stand erreicht, so muß alles Wasser, da es auf keine andere Weise entweichen kann, über den Kolben dringen und, wie vorher bemerkt, in den Warmwasserkasten gehoben werden. Beim Niedergange des Kolbens d schließt sich das Ventil g, so daß weder Wasser aus dem Warmwasserkasten, noch atmosphärische Luft in die Luftpumpe dringen können. Wir sehen hierdurch, daß, wenn der Dampf in dem Condensator so dünn ist, daß der ganze Inhalt des Cylinders von der Luftpumpe nur einige Kubikzoll beträgt, wenn er reducirt ist, diese geringe Quantität dennoch durch das Entleerungsventil g getrieben werden wird, weil das über dem Kolben befindliche Wasser der Luft folgt und jedes Theilchen derselben aus der Pumpe entfernen und dann selbst folgen wird.

Watt's Luftpumpe muß große Dimensionen haben und der Condensator ist gewöhnlich von derselben Größe, wodurch die Verdünnung jedes elastischen, in letzterm enthaltenen Dampfes bei jedem Kolbenzuge die Hälfte sein wird; d. h. die Luftpumpe wird jedesmal die halbe Menge des elastischen Dampfes herausziehen. Nimmt man nämlich an, daß der luftleere Raum, den der Pumpenkolben unter sich läßt, wenn er in die Höhe geht, gleich der Capacität des Condensators sei, so müssen sich die Dämpfe in dem letztern selbst ausdehnen, um den doppelten Raum auszufüllen. Die eine Hälfte von den Dämpfen wird in die Pumpe dringen und bei dem folgenden Hub herausgeschafft werden, während die andere Hälfte in dem Condensator bleiben wird.

Der Cylinder der vorliegenden Maschine hat vier Fuß Durchmesser und acht Fuß Kolbenhub, die Luftpumpe aber zwei Fuß Durchmesser und vier Fuß Hub. Die Oberflächen ihrer Basen verhalten sich daher wie 1 zu 4 und ihre Capacitäten wie 1 zu 8. Man muß aber nicht glauben, daß diese weite, mit Luft erfüllte Pumpe bei jedem Kolbenhube entleert werde; denn so wie wir vorher bemerkt haben, reduciren sich die Dämpfe, mit denen sie gefüllt ist, auf eine geringe Menge, ehe sie die Dichtigkeit der atmosphärischen Luft erreichen. Zuerst sollte man zu der Folgerung veranlaßt werden, daß die Pumpe den Nutzeffect der Maschine schwächt und zwar in dem Verhältniß des Drucks von der Luft auf die Oberfläche des Kolben. Betrachten wir aber die Einrichtung der Pumpe genauer, so finden wir, daß das Ventil bei g den atmosphärischen Druck zurückhält, und daher der Kolben die Maschine nur sehr wenig belasten kann, bis daß er seinen höchsten Stand

erreicht hat. Nimmt man die ganze Summe des Widerstandes vom Anfang des Kolbenhubes bis zu seinem Ende, so wird man ihn im Verhältniß mit der Kraft des Dampfcylinders sehr gering finden.

Eine Luftpumpe von einem Achtel des räumlichen Inhalts des Dampfcylinders ist hinreichend, um den Condensator leer zu erhalten; ein kleinerer müßte auf einer größern Länge des Hubes in Wirksamkeit sein, um Luft und Wasser fort zu schaffen. Uebrigens mag die Luftpumpe so groß sein, wie sie will, so wird sie, die Kolbenreibung abgerechnet, die Maschine eigentlich nur dann belasten, wenn das Entleerungsventil g geöffnet ist, um das Wasser und die Luft, welche sie enthält, heraus zu schaffen. Vorher besteht der Widerstand blos in der Zusammendrückung der Dämpfe, eine Operation, die beim Aufsteigen des Kolbens im umgekehrten Verhältniß zu der Abnahme des Drucks der Dämpfe steht, wenn sie in dem Cylinder durch Expansion wirken.

Die zur Condensirung des Dampfes dienenden Theile müssen so kalt als möglich gehalten werden, so wie die, durch welche der Dampf geht, oder in denen er wirkt, so warm als möglich. Daher stehen die Luft- oder Entleerungspumpe, so wie der Condensator in einer Cisterne von kaltem Wasser, welche durch die Kaltwasserpumpe stets gefüllt erhalten wird, und aus der immer ein Theil abläuft, um die Temperatur des Wassers möglichst niedrig zu erhalten. Liegt das Einspritzventil tief in der Cisterne, so nimmt es das Wasser im kältesten Zustande auf (s. Fig. 3, Taf. XVI).

So wie der Condensationsapparat im Wasser steht, um kalt erhalten zu werden, so müßte der Cylinder, wenn es möglich wäre, von Dampf umgeben sein, um ihn warm zu erhalten. Watt umgab ihn daher mit einem Mantel (casing jacket), der mit dem Kessel in Verbindung steht, und also selbst voll Dampf ist. Dadurch wird zwar der Zweck, den Cylinder gegen Abkühlung zu schützen, erreicht, allein es wird dadurch auch die Dampfoberfläche vergrößert und das Aeußere des Mantels einer schnellern Abkühlung unterworfen, als von der Oberfläche des Cylinders selbst statt gefunden haben würde. Um aber eine möglichst vollkommene Luftleere zu erlangen, ist es nothwendig, den Cylinder in solch einer Temperatur zu erhalten, daß auch nicht die geringste Dampfmenge, sei es über oder unter dem Kolben, verdichtet wird. Es wird dieß durch den Mantel vermieden, und die von seiner Oberfläche entweichende Wärme hat keinen nachtheiligen Einfluß auf den Gang der Maschine. Wir werden weiter unten noch andere Arten, den Cylinder gegen die Abkühlung zu schützen, kennen lernen. Einigen seiner besten Maschinen gab Watt einen Mantel von polirtem Kupferblech. — Bei kleinen Maschinen bringt man den Cylinder auch wohl in dem Kessel an, obgleich es eben nicht rathsam, und nur bei Dampfwagen eine solche Einrichtung erforderlich ist.

Der Raum zwischen Cylinder und Mantel steht mittelst einer kleinen Röhre mit der Dampfleitungsröhre in Verbindung. Da der Mantel eines großen Cylinders weit mehr dem Wechsel der Temperatur unterworfen ist, als dieser letztere selbst, so könnte die ungleiche Ausdehnung seiner Theile leicht Brüche veranlassen. Um dieß zu vermeiden, besteht der Mantel der Länge nach aus zwei Hälften, die in der Mitte in einander greifen, wie aus der

Fig. 3, Taf. XVI, ganz deutlich wird. Diese muffartige Ineinanderfügung wird durch Hanf und Talg verdichtet. Zuweilen besteht der Mantel auch aus einzelnen, mit einander durch Schrauben verbundenen Cylinderstücken, wie aus Taf. XVII deutlich wird. Die Dampfröhre ist mit der Röhre des Exhaustionsventils K ebenfalls durch einen Muff verbunden, so daß sie sich etwas ausdehnen kann, ohne daß ein Entweichen von Dampf stattfindet.

Fig. 3, Taf. XVI, worauf wir schon häufig verwiesen haben, zeigt die ältere Einrichtung der Watt'schen einfach wirkenden Dampfmaschinen, wogegen die auf Taf. XVII dargestellte, wie schon bemerkt, von neuerer Einrichtung ist. Die Fig. 3 wird aus dem schon Gesagten deutlich sein. Nur in Beziehung des Oeffnens und Schließens der Ventile bemerken wir mit Hülfe der Fig. 5, Taf. XV, noch Folgendes. Bei den neuern Maschinen ist auch wohl die aus der Figur leicht zu ersehende Einrichtung angebracht; denn es ist sehr wichtig, daß sich die Ventile zu rechter Zeit öffnen und schließen, und dazu verdienen bei einfach wirkenden Maschinen die Gewichte den Vorzug. Hier bewegt sich das Gewicht W in einem Stiefel, der von Wasser umgeben ist und in dem Wasserkasten C steht. Wir kommen weiter unten bei Beschreibung einer einfach wirkenden Hochdruckmaschine specieller auf eine solche Vorrichtung zurück.

Berechnung der einfach wirkenden Dampfmaschine (nach Prechtl). — Wird der Druck des Dampfes im Kessel mit 1 ausgedrückt, so nimmt man im Mittel für die Kolbenreibung, Beschleunigung des Dampfes und Abkühlung im Cylinder . . . . = 0,10
Für Bewegung der Steuerung, Hebung des Injectionswassers und Reibung der Axen . . . = 0,10
Für die Bewegung der Luftpumpe . . . . . = 0,10
Abschließung des Dampfes vor dem Ende des Hubes . . . . = 0,10
0,40

Beträgt z. B. der Druck des Dampfes im Kessel = 15 Pfund auf den Quadratzoll, = 11,775 auf den Kreiszoll; so ist der Druck auf den Kolben = 11,775 × 0,6 = 7,065. Hiervon der Widerstand im Condensator bei 40° R. mit 1,2 Pfund für 1 Kreiszoll abgezogen, giebt 7,065 — 1,2 = 5,86 Pfund für den effectiven Druck auf den Kolben für 1 Kreiszoll.

Die Wirkung der Maschine wird sonach erhalten, wenn man das Quadrat des Kolbendurchmessers in Zollen mit 5,86 Pfund und der halben Geschwindigkeit des Kolbens multiplicirt. Z. B. der Cylinderdurchmesser sei 30 Zoll, die Geschwindigkeit = 200 Fuß, so ist die Wirkung = 900 × 100 × 5,86 = 527400 Pfund in der Minute auf 1 Fuß gehoben.

Die für die Wirkung in einer Minute nöthige Dampfmenge wird erhalten, wenn man die Kolbenfläche in Fußen mit der halben Geschwindigkeit multiplicirt, und dazu $^1/_{10}$ für Dampfverlust durch Abkühlung und unvollkommenen Schluß des Kolbens und der Klappen hinzufügt. Sie ist also = 4,906 × 100 × 1,1 = 539,66 Kubikfuß, oder $\frac{539,66}{25,8}$ = 20,9 Pfund; also Wirkung für 1 Pfund Dampf = 25280 Pfund.

Soll die Maschine mit Expansion wirken, so darf der Druck auf den Kolben am Ende des Niederganges nicht weniger als die Hälfte des effectiven Drucks außer dem Widerstande gegen Reibung und Condensator betragen, weil sonst die im Pumpenwerke zu hebende Wassersäule das Uebergewicht erhalten würde. Nimmt man die Expansion = 1,33, so ist der mittlere Druck auf den Kolben $= \frac{11,775}{1,33} \times 0,625 = 5,53$ Pfund; also die Wirkung $= 900 \times 100 \times 5,53 = 497700$ Pfund. Die zu dieser Wirkung nöthige Dampfmenge ist $\frac{539,66}{1,33} = 405,3$ Kubikfuß oder 15,61 Pfund; also Wirkung für 1 Pfund Dampf = 31680 Pfund.

Die Anwendung der einfach wirkenden Dampfmaschinen, sowohl der Watt'schen, als auch der nach andern Prinzipien construirten, — wir kommen weiter unten auf die Beschreibung einer einfach wirkenden Hochdruckmaschine zurück, — beschränkt sich auf die Wasserhebung. Absolut leistet die Watt'sche einfachwirkende Maschine zwar nicht mehr, als die atmosphärische, gebraucht aber nur $^1/_2$ bis $^1/_3$ so viel Brennmaterial und weniger Einspritzwasser, als diese, wenn letztere im Cylinder condensirt, obschon sie selbst wieder etwas mehr Feuerung, als die doppelt wirkende erfordert, indem während des Dampfabschlusses ein stärkerer Druck auf dem Wasser lastet, und die Dampferzeugung erschwert.

b) Doppelt wirkende Dampfmaschine. — Bei der obigen Beschreibung der einfach wirkenden Dampfmaschine sind wir in eine sehr weitläuftige Beschreibung der Wirkungen der Luftpumpe, des Condensators und verschiedener anderer Theile eingegangen, welche dieselbe mit der doppelt wirkenden gemein hat. Es ist daher nicht nöthig, die Beschreibung jener Theile zu wiederholen, sondern wir brauchen nur die Construction und die Wirkungsart der Maschine im Allgemeinen und einige verschiedene Arten der Steuerung u. s. w. zu beschreiben. Wir wählen zu dieser Beschreibung eine Maschine von 20 Pferdekräften, erbauet nach einem wiederholt in den besten englischen Maschinenfabriken angewendeten Prinzip, welche zum Betriebe irgend einer Fabrik, eines Walzwerks rc. dient, und dann eine andere Maschine, welche zu Terrenoire, im franz. Loiredepartement, ein Cylindergebläse bewegt. Im Allgemeinen sind sich diese und andere Maschinen dieser Art in dem Prinzipe gleich, und nur in der Art und Weise der Steuerung und in Nebendingen weichen sie von einander ab. Die Bewegung der Ventile wird durch excentrische Scheiben bewirkt, die entweder unter den Ventilstangen angebracht sind, oder die auf einen Hebel wirken, der mit diesen Stangen verbunden ist, und den ein Gegengewicht balancirt u. s. w.; wir werden diese und andere Unterschiede weiter unten bei der Beschreibung der einzelnen Theile der Dampfmaschine näher kennen lernen.

Auf Taf. XVIII ist eine Seitenansicht von der ersten der beiden erwähnten Maschinen dargestellt. B ist der von einem Mantel umschlossene Cylinder; C, Röhre, welche den Dampf von dem Kessel nach der Ventilröhre D leitet; E, zum Condensator F führende Röhre; G Luftpumpe; H die Kaltwassercisterne; J die Kaltwasserpumpe und K die Warmwasserpumpe, deren Wirkungsweise aus der Abbildung deutlich genug hervorgeht; L die Kolbenstange, die mit dem Parallelogramm verbunden ist; S die Kurbelstange, welche den Balancier Q und die Kurbel T verbindet. Letztere ertheilt dem Zahnrade U eine drehende Bewegung; dasselbe greift in ein anderes Rad an der Welle V, und theilt demselben, so wie dem Schwungrade W, die Bewegung mit. Von dieser Welle sowohl, als von der Kurbel, kann nun die Kraft auf eine bedeutende Entfernung durch Wellen, Räder, Bänder fortgepflanzt werden, wie wir im Verfolg des Werkes näher sehen werden. Zuweilen sitzt das Schwungrad an der Kurbelwelle und bewegt andere Schwungräder, die in einiger Entfernung davon liegen, durch Bänder, die um ihre Peripherien gehen. Dieß ist z. B. in dem Schiffswerft zu Woolwich bei einer Dampfmaschine der Fall, welche zur Bewegung eines großen Hammers und eines Walzwerks dient. X, Y, Z sind drei Winkelräder, von denen das erste an der Kurbelwelle sitzt, und mittelst des zweiten Rades Y und der gleichbenannten Welle ein drittes Z bewegt, welches wiederum durch zwei excentrische Scheiben den Ventilen die Bewegung mittheilt. Man ersieht dieß deutlicher aus Fig. 3, Taf. XX, zu deren Betrachtung wir uns daher zuvörderst wenden. Sie enthält eine vergrößerte Abbildung der die Steuerung u. s. w. betreffenden Theile der Maschine.

C ist die Dampfleitungsröhre, die bei a mit einem Klappenventil (throttle valve) a versehen ist, um das Zuströmen des Dampfes aus dem Kessel zu reguliren. Die zum Cylinder führenden Röhrenstücke bei np, oq sind durch Schraffirungen angedeutet. Das Ventil a wird durch den Hebel b und die Verbindungsstange c bewegt, welche letztere mit dem Regulator g in Verbindung steht, auf dessen Bewegung wir zurückkommen. ee sind zwei Hebel, die durch einen Schlitz in der Spindel gehen, und sich um die Axe f drehen können. Den obern Theil der Spindel umgiebt eine Dille oder Röhre h, welche mittelst der Stangen ii mit dem Hebel b mittelst den Stangen c und l verbunden ist. Die Röhre h geht in die Höhe, wenn die Centrifugalkraft die Kugeln des Regulators hebt, und sie geht niederwärts, wenn die Bewegung der Maschine langsam ist und die Kugeln sinken. Mit der Röhre geht auch der sich mit ihr bewegende Hebel l nieder. c ist eine die Hebel l und b bewegende Stange, welche durch ihre vereinigte Bewegung die Drehung des Regulators dem Ventil a mittheilt. Wenn daher die Dampfmaschine nicht im Betriebe ist, so ruhen die Kugeln jj auch in den gabelförmigen Armen kk. Wenn sich die obern Enden der Hebel ee einander nähern, und die Stange c gehoben wird, so gelangt das Ventil a in eine horizontale Lage, so daß eine große Quantität Dampf durch die Röhre C dringen kann. Nachdem aber so viel durchgegangen, als erforderlich und die Maschine in Bewegung gesetzt ist, gehen die Kugeln in die Höhe, das Röhrchen h und die Stange c steigen empor, das Ventil a wird in eine schiefe Lage gebracht, verengt oder verschließt die Oeffnung mit steigender Geschwindigkeit, wodurch die zum Cylinder strömenden Dämpfe und die Geschwindigkeit vermindert werden, so daß die letztere gleichförmig bleibt, wenn die Maschine gehörig regulirt worden ist. Die Wirkung des Regulators hat keinen Einfluß auf die Steuerungsventile, deren Spiel folgendes ist.

Nachdem die gehörige Dampfmenge durch die Röhre C herbeigeführt worden ist, geht sie durch das Ventil a entweder über oder unter den Kolben, nämlich über denselben, wenn das Ventil n geöffnet und das Ventil o geschlossen, unter den Kolben, wenn das letztere geöffnet und das erstere verschlossen ist. E ist die Auslaßröhre (eduction pipe), die zu dem Condensator führt, und welche abwechselnd mittelst der Ventile p und q mit dem obern und untern Theil des Cylinders in Verbindung gebracht wird. Die Ventile n und o sitzen jedes an einer cylindrischen Röhre oder Spindel, welche durch die Stopfbüchsen r und s gehen. Das obere Ende einer jeden von denselben hat einen Hals, die obere bei t, die untere bei u, zur Aufnahme der Ventilstangen pq, welche, wie oben bemerkt, zu dem Ableitungsrohr führen, so daß entweder das Dampf- oder das Ableitungsventil geöffnet werden, ohne daß Dampf entweichen kann.

Fig. 4, Taf. XX, ist eine Ansicht von vorn der beiden Schiebstangen, welche die Ventile n, o, p, q bewegen. Diese Stangen werden durch die Stücke xx und den Leiter 1 senkrecht erhalten. Die untern Enden der Stangen haben Frictionsrollen 3,3, auf welche die beiden excentrischen Stücke 4,4, an der horizontalen Welle z wirken. Diese erhält ihre Bewegung durch die Welle Y, die einen rechten Winkel mit jener macht, und mittelst Winkelrädern mit der Kurbelwelle der Maschine verbunden ist. Vier Arme 9, 10, 11, 12 sind mit den Stangen vv und ww zu dem Zweck befestigt, die Ventile zu bewegen, und ein Hebel oder Arm 13, der sich um einen an die Röhre E geschrobenen Nagel dreht, dient dazu, die Dampfventile zu öffnen und zu verschließen, wenn die Maschine erst in Gang gesetzt werden soll, wie wir weiter unten sehen werden. Wenn das Dampfventil n und das Ableitungsventil q geöffnet sind, so bildet sich eine Luftleere unter dem Kolben, und der darauf drückende Dampf treibt denselben niederwärts. Wenn nun diese beiden Ventile jetzt geschlossen, und dagegen die Ventile o und p geöffnet werden, so ist der obere Theil des Cylinders dem Condensator, und der untere Theil dem Dampf geöffnet, weßhalb der Kolben mit einer Kraft emporsteigt, die gleich der ist, mit der er niedersteigt, mit Ausnahme des Gewichts von dem Kolben, welches in dem einen Falle zugesetzt, in dem andern abgezogen werden muß. Man wird sogleich die große Einfachheit der doppelt wirkenden im Verhältniß zu den einfach wirkenden Maschinen erkennen.

Die auf der Fig. 3 mit 18, 19, 20 und mit 21, 22, 23, 24, 25 bezeichneten Theile sind Visire zur Bestimmung der Spannung der Dämpfe in dem Cylinder und Condensator, auf welche wir noch zurückkommen.

Der Regulator wird durch ein Band bb bewegt, welches über eine Rolle an der Kurbelwelle und über eine andere Rolle d (Fig. 3, Taf. XX) an der Regulatorspindel selbst geht. Um die Maschine in Gang zu setzen, muß das Schwungrad so lange gedreht werden, bis die Kurbel T in einer horizontalen Richtung, der Kolben in der Mitte des Cylinders B und das excentrische Rad an der obern Seite der Welle z befindlich ist. Die Stange ww (Fig. 4) wird mit den Ventilen v und p gehoben werden, und nachdem der Hebelarm 13 gedreht worden, ist ein Durchgang für den Dampf geöffnet, so daß derselbe von

der Röhre C her eindringt, und die atmosphärische Luft ausbläst, welche vorher die verschiedenen Theile der Maschine füllte. Wenn dieß bewirkt, und die Temperatur der Maschine gehoben ist, so muß der Hebelarm 13 in seine ursprüngliche Lage zurückgebracht werden; die Stange vv nebst ihren Ventilen wird niederwärts gehen, und der Dampf wird von dem obern Theil des Cylinders abgeschlossen sein, während zu gleicher Zeit auch die Verbindung zwischen dem untern Theile des Cylinders und dem Condensator unterbrochen wird. Es muß nun der Injectionshahn geöffnet werden, der einen geringen Strahl kaltes Wasser in den Condensator spritzt, und es wird eine theilweise Luftleere über dem Kolben gebildet, während der Dampf in den Raum über denselben dringt, und zwar mit einem Druck, der gleich dem ist, welchen das Visir über den Druck der Atmosphäre angiebt. Indem nun die Kolbenstange in dem Cylinder niedergeht, geht das entgegengesetzte Ende des Balanciers in die Höhe, mit ihm die Kurbelstange S und die Kurbel T, und es wird eine Rotationsbewegung hervorgebracht werden. Das Schwungrad wird nun auch einen hinlänglichen Grad von Kraft erlangt haben, um die Kurbel über die Senkrechte hinauszuführen, und der Kolben wird dann seinen höchsten Stand erreicht haben. Da nun alsdann die Stellung der Ventile durch die Wirkung der excentrischen Scheiben umgekehrt worden ist, so entsteht auf diese Weise eine fortdauernde Bewegung.

Nach dieser genauern Beschreibung der auf Taf. XVIII und XX abgebildeten Maschine wird es leicht sein, die auf Taf. XIX dargestellte zu verdeutlichen, welche, wie schon oben bemerkt, zur Bewegung eines Cylindergebläses dient und ebenfalls nach Watt'schen Prizipien construirt ist.

Fig. 1 ist ein Seitenanriß der Dampfmaschine und Durchschnitt des Gebläsecylinders. Fig. 2 ist ein Grundriß beider Maschinen, oberhalb des Cylinders genommen.

C′ C′, Dampfcylinder; B, Dampfröhre zur Vertheilung des mittelst der Röhre DD herbeigeführten Dampfs. AA, hohle Säulen, von denen die eine dazu dient, die Dämpfe unter den Kolben zu leiten, so wie die andere, um sie, nachdem sie benutzt worden sind, dem Condensator zuzuführen.

UU, Cisterne, welche stets mit kaltem Wasser angefüllt erhalten wird. Man regulirt die Admission des kalten Wassers zu dem Condensator mittelst eines Ventils, welches an einer Stange sitzt, die durch eine Schraube auf- und abwärts bewegt wird, je nachdem man die kleine Kurbel m nach der einen oder nach der andern Richtung dreht.

X, Luftpumpe, welche das Condensationswasser durch eine quadratische Röhre RR erhält, in der ein Klappenventil vorhanden ist. K, Warmwasserkasten, welcher das von der Luftpumpe gehobene Condensationswasser aufnimmt. Es läuft mittelst der Röhre ab.

Y, Kaltwasserpumpe. Das Wasser wird der Condensatorcisterne durch die quadratische Röhre II zugeführt. Das überflüssige Wasser fließt durch eine kleine Seitenröhre ab.

Z, Warmwasserpumpe, welche zur Speisung des Dampfkessels dient und der das Condensationswasser aus dem Warmwasserkasten durch die Röhre S zugeführt wird.

p′ p′, b′ c′ und p p′, b c, Parallelogramme, ersteres der Dampfmaschine und letzteres des Gebläses, die im Allgemeinen die gewöhnliche Einrichtung haben. — aa, zwei Säulen auf dem Gebläsecylinder, und a′ a′ zwei andere

auf dem Dampfkasten B. Sie dienen als Stützpunkte von den Gegenlenkern der beiden Parallelogramme. Vier Stangen, welche durch das Gebälk II gehen und auf beiden Seiten desselben mit Schraubenmuttern versehen sind, um die Säulen in einer unveränderlichen Stellung zu erhalten.

G G, Balancier, der aus zwei einander parallelen Stücken besteht, welche 4 Zoll von einander entfernt sind und zwischen denen sich der Kopf der Kurbelstange F bewegt, die mittelst der Kurbel M die Bewegung dem Schwungrade V V mittheilt. Dieses hat, wie immer, auch hier den Zweck, den Gang der Maschine regelmäßig zu machen.

h h, kleine Zahnräder von gleichem Durchmesser, welche dazu dienen, die Bewegung von der Schwungradwelle E einem dreieckigen Excentricum e mitzutheilen.

e i, excentrische Stange, die mittelst des Winkelhebels i k und der Stangen k l das Schiebventil bewegt, mittelst dessen der Dampf vertheilt wird. Die Einrichtung der Schiebventile werden wir noch weiter unten bei Beschreibung der einzelnen Theile der Dampfmaschinen kennen lernen.

Der Balancier G G wird von der Mauer I I getragen, in welcher der Bogen O befindlich ist.

Die Einrichtung des Gebläsecylinders, welchen die Dampfmaschine in Bewegung setzt, beschreiben wir in der ersten Abtheilung des zweiten Bandes.

Die Verhältnisse der Maschine gehen aus dem, den Abbildungen eingeschriebenen Metermaaße hervor, welches leicht in andere Maaße reducirt werden kann.

Berechnung der doppelt wirkenden Watt'schen Dampfmaschine. Der Verlust bei dieser Maschine (für Cylinder über 20 Zoll) wird sonach angenommen, wenn der Druck des Dampfes im Kessel = 1 ist:

Für Kolbenreibung, Beschleunigung des Dampfes und Abkühlung des Cylinders mit	= 0,155
Für die Bewegung der Steuerung, des Injectionswassers und Reibung der Axen . . .	= 0,063
Abschließung des Dampfes vor dem Ende des Hubes	= 0,100
Für die Bewegung der Luftpumpe . . .	= 0,050
	0,368
also der effective Druck	= 0,632

Z. B. der Druck des Dampfes im Kessel auf 1 Quadratzoll sei 15 Pfund, so ist der Druck auf 1 Kreiszoll = 11,775 × 0,632 = 7,44 Pfd.; die Temperatur des Condensators sei = 40° R., so ist der effective Druck auf dem Kolben 7,44 — 1,2 = 6,24 Pfd. für 1 Kreiszoll; für den Durchmesser des Cylinders = 30 Zoll, und die Geschwindigkeit = 200' in einer Minute, so ist die Wirkung = 900 × 200 × 6,24 = 1123200 Pfd'.

Die für diese Wirkung nöthige Dampfmenge ist = 1079,3 Kubikfuß, oder 41,8 Pfd. in 1 Minute; also die Wirkung für 1 Pfd. Dampf = 26870 Pfd.', und wenn die Maschine mit Expansion arbeitet, diese = 2,127 angenommen, = 751090 Pfund'.

Die doppelt wirkenden Watt'schen Dampfmaschinen sind die gemeinnützigsten und zu allen Arbeiten geeignet, welche einer feststehenden Maschine zufallen, daher auch im allgemeinsten Gebrauche; sie haben eine sehr gleichförmige Bewegung und sind deßhalb für den Betrieb von Manufacturen, Fabriken, Mühlen, zur Förderung beim Bergbau, zum Betriebe von Hüttenwerken ꝛc. sehr passend; sie sind einfacher, dauerhafter und leichter in Ordnung zu erhalten, als die eigentlichen Expansionsmaschinen, von denen wir noch weiter unten reden werden, und sie sind nur da in der Anwendung beschränkt, wo es schwer ist, das nöthige Einspritzwasser herbeizuschaffen; sie brauchen einen kleinern Cylinder und weniger Brennmaterial, leisten folglich mehr als die einfach wirkenden Watt'schen, so lange nämlich beide mit vollem Dampfdrucke arbeiten. In neuerer Zeit hat man sie selbst mit dem besten Erfolge auf Dampfschiffen angewendet, auf denen vorher nur Hochdruckmaschinen für ausreichend gehalten wurden.

3. Hochdruckmaschinen.

Diese arbeiten größtentheils ohne, zuweilen auch mit Condensation und sind meistens doppelt wirkend. Dampfmaschinen ohne Condensation sind die einfachsten von allen und müssen gegentheils allemal Hochdruckmaschinen sein, indem der abwechselnd auf die eine oder die andere Kolbenfläche drückende Dampf nur mit seinem Ueberdrucke über die Atmosphäre wirkt, in welche er den, vom vorigen Spiele auf der andern Seite des Kolbens befindlichen, statt in den Condensator, hinaustreibt.

Wir beschreiben hier zuvörderst eine Hochdruckmaschine ohne, und dann eine mit Condensation. Die Fig. 1 und 2, Taf. XX, geben, erstere eine Ansicht von vorn und letztere eine Seitenansicht von einer solchen Maschine, an welcher der Balancier weggelassen worden ist, da er dabei weniger erforderlich ist, als bei allen andern Arten von Dampfmaschinen. Da wir übrigens auf die Hochdruckmaschinen ohne Condensation bei den Dampfwagen specieller zurückkommen, so wird um so eher eine ganz kurze Beschreibung genügen.

Der Cylinder CC ruht auf einem gußeisernen Gerüst A A, welches seinerseits mittelst Schraubenbolzen mit dem Schwellwerk BB verbunden ist. Auf dem Cylinder stehen, mit dem Deckel desselben durch Schraubenbolzen verbunden, die gußeisernen Bogen D D D, welche dazu dienen, die Kolbenstange in einer senkrechten Lage zu erhalten, indem sie zwei geschmiedete eiserne Stangen a, a, enthalten, die durch einen stärkern Theil der Querstange EE gehen, in deren Mitte die Kolbenstange und an deren beiden Enden die Kurbelstangen sitzen, welche die Kurbeln F an der Hauptwelle der Maschine, welche die Kraft weiter fortpflanzt und an der auch das Schwungrad sitzt, in Bewegung setzt. Der Dampf gelangt aus dem Dampfkessel mittelst der Röhre S S in einen Kasten CC, der ein Schiebventil enthält, das den Dampf durch flache, in der Cylinderwand enthaltene Röhren über und unter den Kolben leitet. Das Ventil wird mittelst einer herzförmigen Scheibe an der Welle, deren Umriß bei d, Fig. 1, durch punktirte Linien angedeutet ist, bewegt. Es wirkt auf die innere Seite eines rechtwinkligen Stücks Schmiedeeisen, welches einen Theil von der senkrechten Spindel ff bildet und ihr durch seine Umdrehung eine abwechselnde Bewegung ertheilt, welche durch den horizontalen Hebel g g der Ventilstange mitgetheilt wird. kk ist ein Klappenventil, welches, wie gewöhnlich, durch einen Regulator C regulirt und durch

ein System von Winkelrädern von der Hauptwelle aus bewegt wird.

Berechnung der Wirkung. Es sei die Spannung des Dampfes im Kessel = 5 Atmosphären oder 4 Atmosphären über die äußere, der Durchmesser des Cylinders 9″, der Kolbenhub 2′ und die Geschwindigkeit des Kolbens = 180′ in einer Minute oder 45 Hübe in der Minute; so ist, wenn der Druck des Dampfes in der Atmosphäre = 1 gesetzt wird, der Kraftaufwand zur Beschleunigung des Dampfes, sowohl beim Eintritt des Cylinders, als beim Austritt in die Atmosphäre . = 0,014

Kolbenreibung	= 0,200
Abkühlung des Dampfes in Cylinder und Röhren	= 0,022
Bewegung der Steuerung und Reibung der Maschine	= 0,062
Durch Abschließung vor dem Ende des Hubes	= 0,100
	0,398

wofür = 0,4 gesetzt werden kann.

Nun beträgt der Druck von 4 Atmosphären = 50,92 Pfd. auf den Quadratzoll = 50,92 × 0,6 = 30,55 Pfd. Sonach ist die Wirkung oder der Nutzeffect der Maschine = 0,785 × 9² × 30,55 × 180 = 349650 Pfund in einer Minute auf 1 Fuß gehoben. Diese Rechnung wird erleichtert, wenn man den Druck für Kreiszolle statt für Quadratzolle nimmt, wo dann die Kolbenfläche durch das Quadrat des Durchmessers gegeben wird. Der Druck des Dampfes von 1 Atmosphäre auf den Kreiszoll ist = 12,732 × 0,785 = 9,99 oder = 10 Pfund auf den Quadratzoll. Hiernach ist die Wirkung für diesen Fall = 0,4415 × 180 × 1,2 = 95,37 Kubikfuß oder 5 Atmosphären oder 63,66 Pfund Druck, wozu nach der vorn mitgetheilten Tafel die Anzahl der aus 1 Pfund Wasser entwickelten Kubikfuß Dampf = 6,9. Folglich ist das Gewicht dieses Dampfes $= \frac{95,37}{6,9} = 13,82$ Pfd. Demnach ist bei dieser Maschine die Wirkung von 1 Pfd. Dampf $= \frac{349650}{13,82} = 25290$. — Vortheilhafter wird die Wirkung der Hochdruckmaschinen, wenn sie mit Expansion arbeiten; hier, wenn die Absperrung bei $^3/_4$ des Kolbenhubes geschieht, = 29350 Pfund′. Folglich ist bei diesen Verhältnissen für denselben Brennstoffaufwand die Wirkung mit dieser Ausdehnung zu jener ohne dieselbe = 29350 : 25290.

Hochdruckmaschinen ohne Condensation sind nur dann von Nutzen, wenn die Umtriebsmaschine sehr leicht und einfach werden, oder, ohne Rücksicht auf Brennmaterialersparniß nur einen kleinen Raum einnehmen soll, die zur Condensation erforderliche Wassermenge aber theils gar nicht, theils nur mit einem zu unverhältnißmäßigen Aufwande von Kraft oder Kosten herbeizuschaffen wäre. Besonders eignen sie sich deßhalb für Dampfwagen und Dampfspritzen. Sie wiegen pro Pferdekraft 1500 bis 1700 Pfd., die Watt'schen dagegen doppelt so viel. — Ihr Ankauf ist wohlfeil, ihre Unterhaltung theuer; sie machen nicht mehr Spiele als andere und sind dem Springen weit mehr ausgesetzt, welches bei ihnen vorzugsweise durch übertriebene Spannung im Kessel und durch unregelmäßige Speisung veranlaßt werden kann. — Bei feststehenden Maschinen dieser Art ist es von Nutzen, wenn die örtlichen Verhältnisse gestatten, den gebrauchten und ausgetriebenen Dampf noch zur Erwärmung von Wasser, Trockenapparaten, oder ganzen Gebäuden zu verwenden.

Oekonomischer als diese, die atmosphärischen und die gewöhnlichen Watt'schen einfach wirkenden, sind die Hochdruckmaschinen mit Condensation und Expansion, da, wo die nöthige Wassermenge leicht zu haben, und die etwas ungleich wirkende Kraft, — welche deßhalb auch große Schwungräder erfordert, — ohne Nachtheil ist. — Hochdruckmaschinen mit Condensation müssen fast mit Expansion arbeiten, damit sich der durch letztere entstehende, weniger dichte Dampf leichter condensiren läßt. Sie sind besonders für Dampfschiffe geeignet, wo es an Condensationswasser nicht fehlt. — Bei mehr als zwei Atmosphären Spannung brauchen alle Hochdruckmaschinen verhältnißmäßig mehr Brennmaterial als andere, weil die Kolbenreibung größer ist, durch die hocherhitzten Theile viel Wärme, durch den minder leicht herzustellenden Verschluß viel Dampf verloren geht. Ist man aber genöthigt, sie anzuwenden, so wird es für das Beste erachtet, dem Dampfe 3 bis 4 Atmosphären Spannung über dem gewöhnlichen Luftdrucke zu geben.

Wir wenden uns nun mit Hülfe der Taf. XXI zu der Beschreibung einer einfach wirkenden Hochdruckdampfmaschine von 80 Zoll Cylinder-Durchmesser, die bei den consolidirten Gruben bei Redruth in Cornwall zur Wasserhaltung angewendet wird, erst im Jahre 1833 erbaut, eine der besten und größten Maschinen dieser Art in England und mit manchen eigenthümlichen Einrichtungen versehen ist.*

Die Maschine hat drei Kessel, die jedoch nur dann alle Dämpfe liefern, wenn sie mit aller ihrer Kraft wirken soll. Die Kessel sind cylindrisch, 7 Fuß weit, von 0,7 Zoll starkem Blech, 18 Fuß lang und haben, 8 Zoll vom Boden entfernt, eine 4 Fuß weite Heizröhre, die 8 Zoll über dem Boden des Kessels liegt und vorn den Rost und sonach den Heizraum enthält. — Kessel dieser Art sind in England bei den einfach wirkenden Hochdruckmaschinen sehr gewöhnlich; wir haben sie auch schon weiter oben im Allgemeinen kennen gelernt.

Fig. 1 und 2, Taf. XXI, geben einen Grund- und einen Aufriß der Maschine. Sie zeigen die Einrichtung des Cylinders, des Balanciers, des Schachtgestänges, an welchem die Pumpenstangen hängen, der Ventile, der Luft- und der Warmwasserpumpe. Fig. 3 ist ein senkrechter Durchschnitt des Cylinders und Kolbens. — Fig. 7 ist ein Grundriß des Cylinders und der damit verbundenen Ventile. — Fig. 4, 5, 6 endlich, sind senkrechte Durchschnitte der verschiedenen Ventile.

Auf den Fig. 1 und 2 sind die aus den vorhergehenden Abbildungen bekannten Maschinentheile mit gar keinen Buchstaben bezeichnet, und bedürfen daher keiner weitern Erklärung.

* Wir entlehnen diese Beschreibung aus einem Aufsatz des franz. Bergingenieurs Herrn Combe „über den Bergwerksbetrieb in Cornwall,“ in den Annales des Mines, 3ème Série, Tome V, p. 593 etc.

a ist ein Gehäuse mit einem Ventil, dessen Oeffnung während des Spiels der Maschine constant bleibt; man nennt dasselbe Regulatorventil (Regulator valve). Es ist den gewöhnlichen Klappenventilen analog, die bei den doppelwirkenden Maschinen mit dem Regulator verbunden sind. Der Durchschnitt dieses Ventils nebst Gehäuse ist in Fig. 5, a, vorhanden. Es wird von dem Maschinenwärter gestellt, je nachdem derselbe mehr oder weniger Dampf zuströmen lassen will. — b, Gehäuse des Zuströmungs- oder Admissionsventils (Top steam valve) zwischen dem Regulatorventil und dem Raum im Cylinder über dem Kolben. Dieses Gehäuse steht mit a in Verbindung, wie aus Fig. 5 deutlich wird.

c, Gehäuse des sogen. Gleichgewichtsventils (Equilibrium valve). Es ist an dem obern Theile der Röhre T befindlich, die mit beiden Enden des Cylinders in Verbindung steht. Oeffnet man das Ventil c, so werden die Cylinderräume über und unter dem Kolben in Verbindung gesetzt. Fig. 4 ist ein senkrechter Durchschnitt dieses Gehäuses nebst Ventil.

E, Gehäuse des Entleerungsventils (Exhaustions valve), welches mit dem untern Raum des Cylinders in Verbindung steht und, wenn es geöffnet ist, denselben mit dem Condensator in Communication bringt. Fig. 6 ist ein senkrechter Durchschnitt dieses Gehäuses nebst Ventil.

R, R, die beiden Luftpumpen der Maschine, welche man im Grundriß, Fig. 2, sieht.

S, ein Theil von dem Schachtgestänge, mit welchem die Pumpenstangen verbunden sind.

s, Kolbenstangen der Luftpumpen.

X, Warmwasserpumpe zur Speisung des Kessels; x', Kolbenstange und Y, Saugröhre derselben, und ZZ, Enden, an denen man die Röhren anbringt, mittelst denen das durch x gehobene Wasser in die Kessel gedrückt wird.

M, Mauer, auf welcher der Balancier in seinem Zapfenlager ruhet. — N, Mauerwerk, auf welchem der Cylinder ruhet und mit welchem er durch Schraubenbolzen verbunden ist.

C, Cataract (Cataracto) genannter Apparat, der den Zweck hat, nach den Bedürfnissen die Anzahl der Kolbenhübe in einer gegebenen Zeit zu bestimmen.

A, Vorrichtung an demjenigen Ende des Balanciers, an welchem die Kolbenstange befindlich ist. Ein an derselben horizontal und in der Quere befestigtes Stück Holz oder Eisen, legt sich, wenn der Kolben fast den tiefsten Stand erreicht hat, auf zwei federnde Stücken Holz B, die auf den Balken angebracht sind, zwischen denen der Balancier durchgeht. Es wird dadurch das nachtheilige Stoßen vermieden, welches hervorgebracht werden würde, wenn der Kolben gegen den Boden des Cylinders schlüge. Stößt nun das Querstück gegen die Federbalken, so ist dieß für den Maschinenwärter ein Zeichen, daß er die einströmenden Dämpfe durch das Regulatorventil vermindern müsse.

Ehe wir nun zu der Beschreibung des Spiels der Maschine übergehen, betrachten wir erst die hier eigenthümliche Construction der Ventile, indem wir uns auf die Fig. 4, 5 und 6, beziehen. — Das Regulatorventil, a, Fig. 5, ist ein gewöhnliches Muschelventil (Soupape à coquilles). Die von den Kesseln herbeiführende Dampfröhre mündet

in die Oeffnung 1 aus, und die Dämpfe gelangen durch die Oeffnung, welche man durch größere oder geringere Hebung des Ventils 2 größer oder kleiner machen kann, in das Gehäuse a, und gehen von dort in das Gehäuse b des Admissionsventils 3. Ist dieses geöffnet, so strömen die Dämpfe durch die Oeffnung 4 in den obern Theil des Cylinders. Die Fig. 4, 5 und 6 zeigen, daß die Ventile b, c und E eine gleiche Form und nur verschiedene Größe haben, und es ist daher hinreichend, nur eins, z. B. das Exhaustionsventil, E, Fig. 6, welches das größte ist, zu beschreiben. Die schraffirten Stellen der Fig. 6 und sämmtlicher anderer Figuren bezeichnen die durchschnittenen Theile derselben. Das Ventil besteht aus Glockenmetall, die Stange t dagegen aus Schmiedeeisen. Es ist aus zwei Theilen, einem festen d und einem beweglichen ii, zusammengesetzt, welcher letztere an der Stange t sitzt. Der feste Theil d ruht mit seiner Peripherie auf einem genau concentrirten und polirten Sitz, auf welchem er, mittelst der Querstange k und der Bolzen hh und in k eingelassener Muttern, befestigt ist. Dieser Theil hat die Form eines hohlen, unten offenen und an seiner Peripherie durchbrochenen Cylinders, oder dieselbe besteht aus Stäben und dazwischen befindlichen leeren Räumen, so daß, wenn der bewegliche Theil entfernt ist, die in dem Gehäuse E befindlichen Dämpfe frei durch die Oeffnungen des festen Theils dringen können.

Der bewegliche Theil ii ist ringförmig, oben und unten offen, und die Stange t sitzt an einem Kreuz, welches, da es hoch und schmal ist, sehr viel Dämpfe durchläßt. Ist das Ventil nicht gehoben, so liegen die engern Ringe ss, s's', dicht an dem untern und obern Ringe des festen, durchbrochenen Cylinders, so daß die in E befindlichen Dämpfe nicht durch das Ventil dringen können. Hebt man aber das bewegliche Stück, so dringen die Dämpfe von oben in den bauchigen Theil i und dann durch den durchbrochenen Cylinder d in das Innere und nach 2. Die Ventilstange geht durch eine in dem Deckel des Ventilgehäuses befindliche Stopfbüchse. — Diese Ventile haben sich als sehr bewährt bei mehren der großen Wasserhebungsmaschinen in Cornwall gezeigt.

Die Fig. 3 zeigt den Dampfcylinder von einem zweiten, oder von einem Mantel umgeben. Der leere Raum zwischen beiden steht mit dem Kessel in Verbindung und wird mit Dampf angefüllt erhalten. Auch der Deckel und der Boden des Cylinders sind doppelt. — Dieselbe Figur zeigt auch einen Durchschnitt des Kolbens. Derselbe ist mit Hanfgeflechten geliedert, die von oben herab mittelst eines Kranzes zusammen gedrückt werden, indem derselbe durch Bolzen und Schrauben mit dem Kolben verbunden ist.

Wir erklären nun mit Hülfe der Fig. 1 und 2 das Spiel der Maschine, wobei wir das stets geöffnete Regulatorventil a ganz unberücksichtigt lassen. — Die Dämpfe wirken nur beim Niedergange des Kolbens und dieser zieht dann mittelst des Balanciers das Schachtgestänge nebst den Kolbenstangen der Pumpen in die Höhe. Während dieser Bewegung ist das Exhaustionsventil E geöffnet, damit der Raum unter dem Kolben mit dem Condensator in Verbindung stehe. Soll der Kolben niedergehen, so öffnet sich das Admissionsventil b, durch welches der Dampf einströmt, mittelst des Cataractes C. Nachdem der Kolben aber ⅓

oder $1/4$ seines Laufs zurückgelegt hat, so schließt die Steuerungsstange P das Admissionsventil und der noch übrige Theil des Kolbenhubes wird durch die Expansion der Dämpfe vollendet. Hat der Kolben seinen niedrigsten Stand erreicht, so schließt die Steuerung das Exhaustionsventil E und öffnet das Gleichgewichtsventil e. Das Gewicht des Schachtgestänges zieht den Kolben, auf welchen von beiden Seiten gleicher Druck des Dampfes einwirkt, wieder empor, zu gleicher Zeit aber das Wasser in den Steigeröhren der Druckpumpen in die Höhe, wie wir in der folgenden Abtheilung des Werks näher sehen werden. Hat der Kolben den höchsten Stand erreicht, so bleibt er in Ruhe, bis daß der Cataract nach und nach das Exhaustions- und das Admissionsventil öffnet. Auf diese Weise sind stets zwei, auf einander folgende Kolbenhübe durch einen Zwischenraum der Ruhe getrennt, dessen Dauer nach Belieben mittelst des Cataractes bestimmt werden kann, wie wir näher zeigen werden.

In Fig. 1 hat der Kolben den höchsten Stand erreicht und es sind, mit Ausnahme des Regulatorventils a, alle Ventile geschlossen. Der Cataract C, Fig. 1 und 2 (deren manche Maschinen der Art auch zwei haben), besteht aus einem Cylinder pp, der in einem mit Wasser angefüllten Gefäß steht. In dem Cylinder bewegt sich ein fester Kolben, dessen Stange durch ein Gelenk mit einem seinerseits an der horizontalen Welle NN befestigten Hebel l verbunden ist. An derselben Welle sind auch noch befindlich: auf der einen Seite eine Masse Eisen M, die an dem Ende eines langen Hebels sitzt und von der Welle entfernt oder derselben mehr genähert werden kann. Auf der andern Seite ein langer Hebel L, der an der Steuerungsstange P streift und der durch den, an derselben festgeschrobenen Ansatz Q, bei deren Niedergange, niedergedrückt wird. Endlich ist ein, ebenfalls an der Welle sitzender Hebel l', mit einer langen, senkrechten, schmiedeeisernen Stange verbunden, die senkrecht hinter der Steuerungsstange und horizontal unter den Stücken y und y' verborgen sind, so daß man sie in den Abbildungen nicht wahrnehmen kann. Diese in, an der Maschine befestigten, Rinnen geleitete Stange hebt bei ihrem Aufgange: 1) den Hebel y (Fig. 1), welcher sich um eine kleine horizontale Welle α bewegt; 2) den sich um die kleine Welle α' bewegenden Hebel y'. Drückt der Daumen Q beim Niedergange der Steuerungsstange gegen den Hebel L, so bewegt sich die von dem Hebel l' gehaltene Stange niederwärts, der Kolben des Cataractes und das Gewicht M aber gehen in die Höhe. Der Kolben saugt Wasser aus dem Kasten an, welches durch ein, sich von außen nach innen bewegendes Ventil dringt, das in einer, an dem Pumpenstiefel sitzenden, horizontalen Röhre angebracht ist. Geht die Steuerungsstange in die Höhe, so übt das Gewicht M, mittelst des Cataractkolbens einen Druck auf das in der Pumpe befindliche Wasser aus. Da es nun nicht durch das Eingangsventil entweichen kann, so geht es aus einer, mit einem Hahn versehenen Seitenöffnung. Man öffnet diesen Hahn mehr oder weniger, je nachdem man will, daß der Kolben mehr oder minder schnell sinken soll. In dem Maaß, daß der Kolben niedergeht, hebt der Hebel l' die senkrechte Stange, die bei ihrer aufsteigenden Bewegung zuerst den Hebel y und nach einigen Secunden den Hebel y' emporhebt.

In dem Augenblick, daß dieß Letztere geschieht, strömen die Dämpfe aus dem Kessel auf den Kolben, der alsdann nieder zu gehen beginnt. Einige Secunden vorher hatte der Cataract, durch Hebung des Hebels y, das Entleerungsventil geöffnet und hatte folglich die Verdichtung der im Cylinder befindlichen Dämpfe, die bei dem vorhergehenden Kolbenzuge gedient hatten, bewirkt.

Sollen daher die Kolbenhübe der Maschine ohne eine ruhende Zwischenzeit aufeinander folgen, so muß man die Hahnöffnung des Cataractes so reguliren, daß die sie bewirkende senkrechte Stange den Hebel y unmittelbar darauf hebt, als der Kolben seinen höchsten Stand erreicht hat. Sind dagegen in einer gewissen Zeit nur wenige Kolbenzüge nöthig, so schließt man den Cataracthahn mehr, und die Zeiträume zwischen zweien aufeinander folgenden Kolbenzügen werden auf diese Weise nach Belieben bestimmt.

Das Spiel der Ventile ist nun leicht zu erklären. Indem die senkrechte Stange des Cataractes in die Höhe geht, erhebt sie zuvörderst den Hebel y, Fig. 1, und hebt auf diese Weise das an der Stange r sitzende Gegengewicht ab. Die horizontale Welle mit dem Hebelarm m (Fig. 1 und 2) dreht sich, und das Exhaustionsventil E wird durch die Stangen, welche durch Glieder λ_1, λ_2, λ_3 mit der Welle ν und dem an derselben sitzenden Hebel φ verbunden sind, gehoben. Der in dem Cylinder befindliche Dampf wird alsdann verdichtet, der Kolben geht aber noch nicht niederwärts. Die Cataractstange, welche nach einigen Secunden in die Höhe geht, hebt den Hebel y' und hakt das an der Stange sitzende Gegengewicht aus. Die horizontale Welle $\mu\mu$, Fig. 2, an der die beiden gekrümmten Hebel $\sigma\sigma$, Fig. 1, befestigt sind und zwischen denen die Steuerungsstange P auf- und niedergeht, dreht sich und hebt das Admissionsventil mittelst der Stangen, welche durch Gelenke λ'_1, λ'_2, λ'_3, mit der horizontalen Welle μ', Fig. 2, und mit dem Hebel φ' verbunden sind. Alsdann geht der Kolben, auf den der aus dem Kessel herbeiströmende Dampf drückt, nieder. Die Hebel $\sigma\sigma$, Fig. 1, welche an der Welle $\mu\mu$ sitzen, die sich um ein Viertel ihrer Peripherie gedreht hat, haben alsdann eine rechtwinklige Stellung gegen die auf der Figur angegebene. Sie umschließen die Steuerungsstange P, welche mit dem Kolben niedergeht.

Wenn letzterer $1/3$ bis $1/4$ seines Laufs vollendet hat, so drücken die Leisten t, Fig. 1, die an zwei Seiten mit der Steuerungsstange verbunden sind, gegen die Hebel $\sigma\sigma$, und schließen das Admissionsventil, indem sie das an der Stange r' sitzende Gegengewicht wieder emporheben. Es muß bemerkt werden, daß die Hebel $\sigma\sigma$ während des Niederganges der Steuerungsstange sich an die hintere Seite der langen Leisten t legen, so daß sie das Ventil geschlossen erhalten, bis daß der Daumen Q den Hebel L hinlänglich niedergedrückt hat, um die senkrechte Stange des Cataractes niedergehen zu lassen, und auf diese Weise dem Stück γ, welches auf dem Ende dieser Stange ruhete, zu gestatten, wiederum die horizontale Stellung anzunehmen, die er in Fig. 1 hat, und das Gegengewicht mittelst des Daumens aufzuhalten.

Der Kolben fährt alsdann mittelst der sich expandirenden Dämpfe nieder zu gehen fort. Hat er seinen Lauf fast vollendet, so drückt die an der Steuerungsstange befindliche

Leiste t′ gegen den alsdann emporgehobenen Hebel m, führt ihn in die auf Fig. 1 angegebene Stellung zurück, schließt das Exhaustionsventil, und hält das Gegengewicht r an dem Stück y mittelst des Daumens γ auf. Zu gleicher Zeit lößt ein, an einer und derselben Welle mit dem Hebel m sitzender Daumen, mittelst eines Mechanismus, der nicht abgebildet, der aber denen derselben Art bei gewöhnlichen Maschinen, so wie wir sie weiter oben beschrieben haben, analog ist, das am Ende der Stange r'' befindliche Gegengewicht. Durch die Wirkung desselben dreht sich die Welle $\mu''\mu''$, an welcher der Hebel n sitzt. Durch Drehung dieser Welle wird, mittelst der durch die Glieder λ''_1, λ''_2, λ''_3 vereinigten horizontalen Axe $\nu'\nu'$ und des Hebels φ'', das Gleichgewichtsventil gehoben. Der Kolben geht alsdann durch die Schwere des Schachtgestänges wieder in die Höhe. Hat er bald seinen höchsten Stand erreicht, so hebt die Leiste t″ den Hebel n in die Höhe, führt ihn zu der in Fig. 1 angegebenen Stellung zurück und schließt das Gleichgewichtsventil. Der Kolben bleibt, während alle Ventile geschlossen sind, in der ruhenden Stellung, in welcher ihn unsere Abbildungen darstellen, bis daß die durch den Cataract emporgehobene senkrechte Stange das Exhaustions- und das Admissionsventil von Neuem schließt.

Mittel, den Dämpfeverbrauch zu reguliren. Der Maschinenwärter, der mittelst des Cataractes den, zwei Kolbenzüge von einander trennenden Zeitraum verschieden einrichten kann, ist auch, indem er die Daumen oder die Angriffe t an der Steuerungsstange verschiebt, im Stande, den Zutritt der Dämpfe aus dem Kessel zum Cylinder zu vermehren oder zu vermindern. Diese Daumen t müssen eine solche Stellung haben, daß das über dem Balancier angebrachte Querstück A bei jedem Kolbenzuge die elastischen Hölzer ohne Stoß berührt, welches etwas eher erfolgt, als der Kolben auf dem Boden des Cylinders anlangt. Außerdem kann der Maschinenwärter auch noch, ohne die Länge des Kolbenhubes zu verändern, nach welcher das Admissionsventil verschlossen ist, den Aufwand von Dämpfen vermehren oder vermindern, indem er das Regulatorventil mehr oder weniger öffnet. Es geschieht dieß sehr leicht mittelst der senkrechten Stange, die er durch die Schrauben e und j höher oder niedriger stellt. Das Ende dieser Stange hebt den Hebel k, und folglich die Stange f des Ventils a, mittelst der Welle i i und des an derselben befindlichen Hebels. Durch das Regulatorventil kann der Maschinenwärter in jedem Augenblick die Bewegung der Maschine reguliren. Er muß sehr aufmerksam darauf sein, nicht zu viel Dämpfe zuströmen zu lassen, indem dadurch, daß der Kolben am Ende seines Niederganges noch eine zu bedeutende Geschwindigkeit besitzt, durch die heftigen Stöße des Kolbens gegen den Cylinderboden leicht Brüche desselben veranlaßt werden können.

Wir werden später sehen, daß die Dauer eines jeden Kolbenzuges, auch unabhängig von dem Zeitraum zwischen zwei auf einander folgenden, ebenfalls veränderlich ist, und daß man die Geschwindigkeit des Kolbens im Verhältniß zu der Menge des zu hebenden Wassers einrichten kann.

Der Druck der Dämpfe in den Kesseln wird zu 25 Pfd. auf den Quadratzoll über den atmosphärischen, oder zu $2^1/_3$ Atmosphären, angenommen. — Um jeden Wärmeverlust zu vermeiden, ist der Cylinder oder vielmehr dessen gußeiserner Mantel gänzlich mit einem hölzernen umgeben, jedoch so, daß zwischen beiden ein ringförmiger, 12 Zoll weiter Raum bleibt, der gänzlich mit Sägespähnen ausgefüllt ist. Der Cylinderdeckel ist ebenfalls mit einer Schicht von derselben Materie bedeckt, und endlich sind auch die gußeisernen Dampfleitungsröhren von quadratischen Kästen umschlossen, die ebenfalls Sägespähne enthalten. Ueberhaupt sind alle Theile der Kessel, der Cylinder und der Röhren, welche Dampf enthalten, mit Stoffen umkleidet, die schlechte Wärmeleiter sind. Die Räume, in denen die Maschinen stehen, sind dann nicht wärmer, als ein gewöhnlich geheiztes Zimmer. Steht die Maschine 12 Stunden still, so geht nur wenig Wärme verloren. Wenn es daher nöthig ist, die Maschine bei Nacht oder in einem Nothfalle anzulassen, so ist nur eine kleine Zeit erforderlich, die Spannung der Dämpfe wieder herzustellen.

Der Kolbenhub beträgt 11 Fuß, und da der Balancier ungleiche Arme hat, von denen der auf der Seite des Dampfcylinders $18^1/_4$, und der auf der Seite der Pumpe nur 14 Fuß lang ist, so beträgt der Pumpenkolbenhub nur 8 Fuß. — Röhren und Ventile gewähren den Dämpfen sehr weite Durchgänge, besonders die zum Condensator führenden, wogegen der Durchschnitt des die Dämpfe zum Cylinder führenden Ventils weit enger ist, und dieser Zugang kann auch durch das Regulatorventil jeder Zeit verengt werden. Die Construction dieser Ventile ist dadurch sehr bemerkenswerth, daß, ungeachtet des ungleichen Drucks auf beide entgegengesetzte Seiten, sehr wenig Kraft dazu erforderlich ist, sie zu öffnen. Bei dem Entleerungsventil hat der Ring, auf welchen der zu überwindende Druck ausgeübt wird, nur eine Oberfläche von 75 Quadratzoll, während der den Dämpfen geöffnete Durchgang 432 Quadratzoll beträgt. Das Oeffnen des Entleerungsventils einige Secunden vor dem Zuströmen der Dämpfe zum Kolben gewährt einen besondern Vortheil.*

Die Klappenventile der beiden Luftpumpen bestehen aus sehr dichter Leinwand, da Leder durch das heiße Wasser zu bald zerstört werden würde. Zwölf aus Leinwand bestehende Scheiben von dem gehörigen Durchmesser werden mit starkem Bindfaden zusammengenäht, und in der Mitte wird eine rechteckige Oeffnung eingeschnitten, durch welche die Kolbenstange geht. Durch diese Luftpumpe wird eine sehr vollständige Luftleere erreicht. — Ein Zähler, der durch eine Stange bewegt wird, die an irgend einem Punkte des Balanciers befestigt worden ist, giebt die Zahl der Kolbenzüge an. — Bei dem gewöhnlichen langsamen Gange der Maschine, wobei der Kolben $2^1/_2$ Secunden zu seinem Niedergange gebraucht, strömen die Dämpfe nur während des ersten Achtels seines Laufes auf denselben. Die Maschine macht bei dieser Geschwindigkeit $7^1/_2$ Wechsel in der Minute. — Soll sie rascher arbeiten, so muß man das Gegengewicht vermindern, welches den Niedergang des Schachtgestänges aufhält, so daß derselbe schneller erfolgen kann; allein alsdann ist es auch nöthig, längere Zeit

* Man nennt die hier beschriebenen Ventile, die sich so leicht bewegen lassen und in sich die Vortheile der Muschel- und der Schiebventile vereinigen, doppelte Sitzventile (double beat valves).

Dämpfe auf den Kolben strömen zu lassen, damit derselbe seinen Niedergang rascher vollenden kann.

Wir machen nun noch schließlich folgende allgemeine Bemerkungen über die beschriebenen und über alle ähnlich eingerichteten Wasserhebungsmaschinen in Cornwall.

Der Dampf wird bei den meisten Maschinen auf etwa 40 Pfund auf den Quadratzoll gespannt und der Zutritt in den Cylinder abgesperrt, sobald der Kolben $^1/_3$, $^1/_4$, $^1/_6$ oder sogar nur $^1/_{10}$ des Hubes durchlaufen hat, je nachdem mehr oder weniger Kraft erforderlich ist, damit der Dampf während des übrigen Theiles des Hubes durch Expansion wirken kann.

Durch das Regulator- oder Sparventil wird es möglich, die Zahl der Kolbenhübe von 1 bis zu 12 in der Minute wechseln zu lassen, je nach dem Bedürfnisse, wobei der Kohlenverbrauch beinahe in demselben Verhältnisse zu- und abnimmt, als die Anzahl der Kolbenhübe. Am vortheilhaftesten aber sind 5 bis 6 Kolbenhübe in der Minute. Das Sparventil ist vorzüglich für solche Maschinen brauchbar, welche zur Trockenlegung von Gruben dienen sollen, da hier die zu leistende Arbeit mit der Tiefe und der Ausdehnung der Gruben zunimmt; aber auch für solche, die Wasser in Wohnungen schaffen sollen, da jährlich mehr Wasser verlangt wird, und die Kraft in demselben Verhältniß zunehmen muß, als die Nachfrage.

Die Wirkung der beschriebenen Maschine ist im Allgemeinen die, daß 1 Bushel oder 84 Pfund Steinkohlen beinahe 112 Millionen Pfd. Wasser heben; sie leisten also bei gleichem Brennmaterialienaufwande dreimal so viel, als die gewöhnlichen Wasserhebungsmaschinen, und es ist dieß der größte Effect, den je Maschinen erreicht haben. (Mehr über den Effect dieser Maschinen findet man in den Verhandlungen des Gewerbvereins in Preußen, 1831, S. 59 ꝛc. und 1837, S. 117 ꝛc.)

4) Die Expansionsdampfmaschinen. — Von den bis jetzt beschriebenen Maschinen wirkten viele mit Expansion der Dämpfe (à détente, franz., with expansion, engl.), und wir bemerkten auch bereits weiter oben, worin das Eigenthümliche ihrer Wirkungsweise bestehe. Wir betrachten sie jetzt ganz kurz als eine besondere Abtheilung von Dampfmaschinen. Sie gründen sich, wie bemerkt, auf die Benutzung derjenigen Eigenschaft der Dämpfe, nach welchen der Druck, wenn sie sich ohne Verminderung der Temperatur in einem größeren Raume ausdehnen, nur in dem Verhältnisse dieser Ausdehnung abnimmt, daß demnach dieselbe Dampfmenge, nachdem sie schon mit ihrer vollen Spannkraft gewirkt hat, noch durch ihre Ausdehnung wirkt. Dieses Prinzip kann, wie schon gesagt, bei jeder Maschine angewendet werden, und schon Watt that es bei den seinigen, indem der Dampf in demselben Cylinder noch einen kleinern oder größern Theil des Weges blos durch seine Ausdehnung durchläuft. Jedoch nimmt hier die Kraft unverhältnißmäßig schnell ab, und das Lastmoment muß deßhalb zu Erhaltung gleicher Geschwindigkeiten in gleichem Maaße verringert werden; auch muß bei dergleichen Maschinen der Cylinder höher sein, als außerdem, wenn der Dampf nur mit vollem Druck arbeitet.

Schon vortheilhafter für diesen Zweck war daher die Hornblower'sche Maschine, bei welcher der Dampf in einem ersten, kleinen, Cylinder mit voller Kraft wirkt,

sich sodann aber in einem zweiten, größern, ausbreitet und in diesem auf einen Kolben von größerer Fläche drückt. Die, übrigens nur wenig in Anwendung gekommene, Hornblower'sche Maschine, ist einfach wirkend und benutzt nur Dämpfe von niederm Druck.

Der eigentliche Repräsentant des Expansionssystems ist aber die Woolf'sche Dampfmaschine, eine doppeltwirkende Hochdruckmaschine mit zwei Cylindern, einem kleinern und einem größern. Gesetzt, die Dämpfe treten in den kleinen Cylinder über dem Kolben ein, so treiben sie denselben mit voller Spannung bis in seinen tiefsten Stand; zugleich aber tritt der, von dem vorigen Spiele unter dem Kolben des kleinen Cylinders befindliche, Dampf durch die geöffneten Verbindungsventile und Röhren in den größern Cylinder und zwar über dem Kolben ein und dehnt sich verhältnißmäßig aus. Indem er nun hierbei auf den kleinen Kolben nach oben, auf den großen nach unten drückt, so wird seine, auf letztern ausgeübte, wirkliche nutzbare Leistung dem seiner Ausdehnung angemessenen Drucke, auf einen Flächenraum von dem Inhalte der Differenz der größern und kleinern Kolbenfläche gleich sein. Es gehen somit beide Kolben zugleich nieder; der Druck auf den größern nimmt immer mehr ab, so wie sich mit dem Niedergange desselben der Raum, in welchen sich der aus dem kleinen Cylinder überströmende Dampf ausbreitet, mehr und mehr vergrößert; zu gleicher Zeit wird der von vorher unter dem großen Kolben befindliche verdünnte Dampf in den Condensator geführt. Haben beide Kolben ihren tiefsten Stand erreicht, so wird der Zutritt des Dampfes aus dem Kessel über den kleinen Kolben geschlossen, unter demselben geöffnet; der über solchem vom vorigen Spiele vorhandene Dampf strömt unter den großen Kolben, der über letzterem befindliche in den Condensator und das Spiel beginnt von Neuem in umgekehrter Richtung. — Vervollkommnungen dieses Expansionsprinzips haben Atkins und nach ihm Udny hervorgebracht.

Die Expansionsmaschinen der beschriebenen Art bedürfen weniger Brennmaterial als die übrigen, indem sie sich bei gleichem Aufwande in der Leistung zu den doppelt wirkenden Watt'schen ohne Expansion verhalten = 2 : 1, oder, wenn auch letztere einigen Gebrauch von der Expansion machen, wenigstens = 3 : 2, auch wohl nur wie 1,333 : 1. Ferner läßt sich auch ihre absolute Kraft, bei nicht hoher Spannung der Dämpfe, leicht auf einige Zeit steigern, die der Watt'schen aber weniger gut. An und für sich eignen sich jedoch alle Expansionsmaschinen nur für geradlinigte Bewegung, ohne Anbringung eines Schwungrades, indem zu Anfang und zu Ende des Hubes die Geschwindigkeit sehr abnimmt; will man aber ja zur Erzielung eines gleichförmigen Ganges, sich der Schwungräder bedienen, so müssen solche sehr groß sein, welches wiederum solche Maschinen sehr complicirt macht. Da nun die Expansion überhaupt größere Dimensionen verlangt, so werden dadurch die Maschinen theurer, unterliegen leicht Reparaturen, werden schneller abgenutzt, erfordern sehr große Aufmerksamkeit in der Wartung und haben durch die Kolben und durch Abkühlung mehr Dampfverlust: daher sie wenig in allgemeine Anwendung gekommen, ja in England in neuerer Zeit sogar größtentheils wieder abgeworfen sind.

Am meisten Vortheil gewährt die Expansion bei den einfachwirkenden Hochdruckmaschinen, so wie sie in den Bergwerken von Cornwall zur Wasserhebung angewendet werden, so wie auch überhaupt bei einfachwirkenden Maschinen. Bei denselben kommt auf eine gleichbleibende Hubhöhe nichts an, und es kann daher der Kolben gerade so weit niedergehen, bis die ganze Kraft verbraucht ist, während dagegen die doppelt wirkende mit rotirender Bewegung stets ein Uebermaaß von Kraft bekommen muß, damit ja der volle Hub zurückgelegt wird und nicht etwa das Schwungrad rückwärts geht. Daher stehen sie gegen die einfach wirkenden sehr zurück, und es gewährt bei ihnen die Expansion in der Regel — und nur mit wenigen Ausnahmen besonders gut gelungener Vorrichtungen zur rechtzeitigen Absperrung — keinen Nutzen.

Die sehr genaue Beschreibung einer Maschine nach dem Woolf'schen Prinzip findet man in dem unten näher citirten Severin'schen Dampfmaschinenwerke, S. 301, und die Abbildungen auf den großen Blättern VII und VIII.

5) Wir wollen nun noch einige andere Systeme von Dampfmaschinen, die jedoch nur wenig oder gar nicht in Anwendung gekommen sind, kurz erwähnen:

Die Perkins'sche Dampfmaschine ist hauptsächlich nur vermöge der Art der Dampferzeugung als ein besonderes System von Dampfmaschinen anzusehen. Sie besitzt keinen eigentlichen Kessel, sondern ein sehr starkes cylindrisches Gefäß, den Generator, welcher, ganz mit Wasser angefüllt, im Feuer liegt. Dieses Wasser soll bis zu einer Erhitzung von 164 bis 186° R. gebracht werden. Wird nun neues Wasser durch eine Druckpumpe in das Gefäß gepreßt, so strömt ein Theil jenes hocherhitzten durch ein Ventil aus, und verwandelt sich augenblicklich, nach Perkins Meinung, in Dampf von 35 Atmosphären Spannung, welcher in den horizontalliegenden Treibcylinder geführt wird; der in diesem gebrauchte Dampf wird ebenfalls condensirt, jedoch nur bis zu Wasser von 142° R. und dasselbe dem Generator wieder zugeführt. Erst ganz neuerlich hat Hr. Perkins wiederum Verbesserungen an seinem Apparate angegeben (Dingler's Journ. Bd. 60, 241 ꝛc.). Die Perkins'sche Dampfmaschine ist noch nicht im Großen ausgeführt worden und auch nicht gut ausführbar, obgleich sie hinsichtlich der Brennmaterialien-Ersparung sehr große Vortheile gewähren würde.

Ebenfalls nur hauptsächlich durch die Art der Dampferzeugung ein besonderes System bildend, ist die Alban'sche Dampfmaschine. Ihr Dampferzeuger besteht aus mehren 1½ Zoll weiten Röhren von geschmiedetem Eisen oder Kupfer, welche, unten geschlossen, senkrecht neben einander, in einem gußeisernen, mit einer Metallmischung aus 2 Th. Blei und 1 Th. Zinn angefüllten Gefäße stehen, welches ganz vom Feuer umschlossen ist; über die obern Mündungen der Röhren hin, etwa ½ Zoll von denselben entfernt, liegt eine andere, horizontale Röhre mit Wasser angefüllt und jeder Mündung gegenüber mit einer kleinen Oeffnung versehen. Wird nun in diese horizontale Röhre mittelst einer Druckpumpe noch mehr Wasser eingepreßt, so spritzt eben so viel in die senkrechten Röhren ein, welches sich sogleich in hochgespannten Dampf verwandelt, der sich in einer, über dem Deckel des Umhüllungsgefäßes liegenden, Hauptröhre vereinigt, und durch solche nach den Cylindern geführt wird. Es sind nämlich zwei horizontale, mit ihren offenen Obertheilen einander gegenüberliegende, Cylinder, deren Kolben durch eine gemeinschaftliche Kolbenstange verbunden sind. Der Dampf wird abwechselnd unter einen von beiden Kolben geführt und zu gleicher Zeit der in dem gegenüber liegenden Cylinder befindliche condensirt. Die in der Mitte durch Räder unterstützte Kolbenstange erhält dadurch eine hin- und hergehende Bewegung, welche sie auf die in der Mitte angehängten Scheerenstangen u. s. f. überträgt. Das Metallbad schützt die Röhren vor dem unmittelbaren Angriffe des Feuers, so daß sie sich sehr gut erhalten sollen. Die Oeffnungen in der horizontalen Röhre sind so klein, daß, insbesondere bei dem Gegendrucke des sich bildenden Dampfes, kein Wasser von selbst austritt; — das Einspritzen erfolgt mit Hülfe eines Gewichtes und wird daher durch die gegenwirkende Spannung des Dampfes selbst regulirt. Explosionen können hier nur theilweise stattfinden und deßhalb nicht gefährlich werden. — Der in diesem Apparate erzeugte Dampf soll ebenfalls 40 Atmosphären Spannung erlangen. Da die aufrechte Stellung der größten Seitenflächen des Gefäßes das Feuer nicht hinlänglich benutzen ließ, so legte Alban später das Gefäß horizontal. Obgleich weit weniger unausführbar als die Perkins'schen, sind die Alban'schen Dampfmaschinen doch noch nicht in Aufnahme gekommen, obgleich sie große Vortheile in Beziehung auf Ersparung von Brennmaterial und Raum versprechen. (Dingler's Journal, Band 32, S. 1 und 86 ꝛc.).

Endlich erwähnen wir noch der schwingenden oder oscillirenden Dampfmaschinen, welche ihre Entstehung dem Bemühen verdanken, diejenigen Zwischentheile, welche bei der bei weitem größten Mehrzahl von Dampfmaschinen nöthig sind, um den geradlinigen Kolbenhub in eine kreisförmige Bewegung umzuändern, — insbesondere den Balancier, — abzuwerfen, indem dessen Wechselbewegung viel Kraft verzehrt. Bei diesen schwingenden Dampfmaschinen hängt der Cylinder entweder in der Mitte seiner Höhe oder auch am Obertheile, zwischen einem Gerüste in zwei Zapfen, welche zugleich die Dampf-Zu- und Abführungsröhren aufnehmen; die Kolbenstange ist oben unmittelbar mit dem Krummzapfen eines Rades verbunden, dessen Bewegung sie folgt, so daß, indem der auf- und niedersteigende Kolben den Krummzapfen in Umtrieb setzt, der ganze Cylinder die dessen Bewegungen angemessenen Schwingungen macht. Diese Bewegung wird ihm von dem Krummzapfen, bei größern Maschinen mittelst einer auf den Cylinder aufgesetzten Leitung, in welcher die Krummzapfenwarze geht, bei kleinern lediglich durch die Kolbenstange selbst, mitgetheilt.

Schwingende Dampfmaschinen haben sich bis jetzt nur im Kleinen bewährt; sollen sie von irgend einer bedeutendern Größe ausgeführt werden, so ist die Kolbenstange oder deren Leitung dem Biegen leicht unterworfen, daher sie stärker gemacht werden muß; die Stopfbüchse verliert durch die Schwingungen den Schluß, der Kolben arbeitet im Cylinder zwei Seiten mehr aus, als die übrigen, und der Verschluß der Zuleitungsröhren am Cylinder kann nicht dicht erhalten werden. Man wendet sie neuerlich bei den kleinern Dampfböten an, und wir kommen bei Anwendung der Dampfmaschinen auf die Schifffahrt darauf zurück.

Von den wichtigsten einzelnen Theilen der Dampfmaschine.*

Obwohl wir in den obigen Beschreibungen der am gewöhnlichsten angewendeten Dampfmaschinen-Systeme auch der einzelnen Theile mit hinlänglicher Deutlichkeit erwähnt haben, so müssen wir doch auf die hauptsächlichsten derselben nochmals einzeln zurückkommen.

1) Der Cylinder oder Treibcylinder wird am zweckmäßigsten senkrecht gestellt, und dieß ist auch bei weitem am meisten der Fall; denn in dieser Lage ist die Reibung des Kolbens auf die Seitenwände am gleichförmigsten. Horizontal oder schief liegende Cylinder (letztere bei den schwingenden Dampfmaschinen) sollen daher möglichst vermieden werden, weil sie, indem der Kolben auf die untere Wandfläche mit einem Theile seines Gewichts drückt, folglich hier eine größere Reibung hervorbringt, als an dem obern Theile, einen größern Dampfverlust verursachen, sich ungleich ausschleifen und bald unbrauchbar werden.

Das Verhältniß des Durchmessers zur Höhe des Cylinders, oder vielmehr zur Hubhöhe wird gewöhnlich wie 1 : 2 angenommen, indem alsdann die Abkühlungsfläche die geringste wird; oder man nähert sich diesem Verhältniß, so viel es die Umstände gestatten.

Die Wandstärke des Cylinders kann nach der, weiter oben für gußeiserne Dampfkessel angegebenen Formel berechnet werden, wobei man jedoch wegen des Kolbendrucks den für die Stabilität geltenden Coefficienten 0,1 um die Hälfte größer oder = 0,15 setzt. Sonach ist, nach Prechtl, die Wanddicke des Cylinders, wenn p den Dampfdruck im Kessel über jenem der Atmosphäre, und r den Halbmesser in Zollen bezeichnet

$$= \frac{pr}{800} + 0{,}15 \sqrt{2r}.$$

So ist z. B. für einen Cylinder von 9'' Durchmesser und 4 Atmosphären = 50,92 Pfd. Druck auf den Quadratzoll, die Wanddicke nahe $^{1}/_{2}$ Zoll; für einen Cylinder von 30 Zoll Durchmesser und 15 Pfund Druck = 0,86, also etwas höher.

2) Die Ventile, durch welche die periodische Oeffnung und Schließung der Dampfkanäle, oder die Steuerung der Maschine bewirkt wird, bilden einen wichtigen Theil derselben, weil von ihrem richtigen Spiel nicht nur der richtige Gang, sondern auch die Vermeidung von Dampfverlust abhängen. Die Ventile müssen völlig genau schließen und die Oeffnung und Schließung der Dampfkanäle schnell bewirken, weil bei einer zu langsamen Oeffnung während der Zeit, bis die Oeffnung ganz erfolgt ist, derjenige Verlust eintritt, welcher durch die Verringerung der Oeffnung, durch welche der Dampf strömt, entsteht. Die verschiedenen Arten der Ventile sind folgende:

a) Klappen oder Ventile, welche sich auf und nieder bewegen. Eigentliche Klappenventile, welche aus metallenen, auf die Mündung des Kanals aufgeschliffenen, an einem Gewerbe beweglichen Platten bestehen, werden nur in der Luft- und Warmwasserpumpe angebracht; am häufigsten sind die konischen Klappen- oder Kegelventile. Sie sind bei den meisten der auf den Tafeln XVI u. ff. abgebildeten Dampfmaschinen angewendet und ihre Einrichtung wird z. B. aus den Fig. 3 und 4, Taf. XVI, deutlich. Gewöhnlich werden die Kegelventile und ihre Sitze aus Kanonenmetall angefertigt.

* Wir haben bei diesem Abschnitt hauptsächlich Prechtl's Encyclopädie benutzt.

Es gehören dazu auch die, auf Taf. XXI abgebildeten sogen. doppelten Sitzventile, die bei den großen Wasserhaltungsdampfmaschinen in Cornwall mit so großem Vortheil angewendet werden.

b) Schieber- oder Schubventile (Slide valves, engl., Soupapes à tiroir, franz.) sind bewegliche Büchsen oder Kapseln, durch deren Hin- und Herschieben die Dampfkanäle abwechselnd geöffnet oder geschlossen werden. Die Fig. 4, Taf. XV, zeigt ein solches Schubventil für eine doppeltwirkende Maschine. F ist die Röhre, durch welche die Dämpfe auf den Kolben treten, D diejenige, durch welche sie unter demselben wegströmen und durch G in den Condensator gehen. abcd ist der Schieber, der bei E eine Röhre bildet und mit der Stange O versehen ist, mittelst welcher er gehoben oder niedergedrückt wird. Die beiden Ventile sind bei a und c vorhanden, sie sind vollkommen glatt abgeschliffen und bewegen sich auf den ebenfalls glatt geschliffenen Flächen e und f, die mit dem Cylinder verbunden sind. Zwischen a und c ist in dem Schieber ein Raum gelassen, so daß der bei S in die Dampfbüchse D tretende Dampf den Schieber, ausgenommen bei g und h, gänzlich umgiebt. Der Schieber ist, wie die Fig. zeigt, in seiner höchsten Stellung. Der durch S eindringende Dampf tritt mittelst der Röhre F über den Kolben, während zu gleicher Zeit der Raum unter dem Kolben mit dem Condensator in Verbindung steht. Der Kolben geht nun niederwärts, und an einem gewissen Punkte seiner niedergehenden Bewegung schließt die Fläche a des Schiebers die Oeffnung von F, ehe die Fläche c die bei D geschlossen hat. Ueber den Kolben können daher keine Dämpfe mehr strömen, während der Raum unter demselben noch mit dem Condensator in Verbindung steht. Von diesem Zeitpunkte ab, bis der Kolben den Boden erreicht hat, wirkt der Dampf daher durch Expansion. Da aber nun während der Zeit der Schieber seinen tiefsten Standpunkt erreicht hat, so ist die Oeffnung dem durch S herbeiströmenden Dampf geöffnet, während der Schieber nun unter die Oeffnung F herabgegangen ist und die Verbindung zwischen dem Raum über dem Kolben und dem Condensator mittelst der Röhre E hergestellt ist und der Kolben auf dieselbe Weise in die Höhe geht, wie er niederging. Der Dampf wirkt während des Theils von dem Hube, daß die Oeffnung c durch den Schieber c geschlossen ist, durch Expansion.

Eine Hauptsache bei der Einrichtung dieser und anderer Arten von Schubsteuerungen ist, die Bewegung oder den Schub so kurz als möglich zu machen, ohne deßhalb den Querschnitt der Dampfkanäle zu verringern, weßhalb letztere mehr in die Breite gezogen werden müssen; denn ein langer Schieber würde ein bedeutendes Kraftmoment erfordern. Die Schubventile haben, wegen der Genauigkeit des Anschließens, die sich bei dem allmähligen Abschleifen der reibenden Flächen immer gleich erhält, durch die Leichtigkeit, mit denselben den Dampfkanälen große Querschnitte geben zu können, und durch die Einfachheit ihrer Steuerung manche Vorzüge; allein die bei g und h befindliche Hanfliederung,

durch welche das Andrücken der Enden des Schiebers an die reibende Fläche bewirkt wird, veranlaßt eine baldige Abnutzung der Röhre an diesen Stellen. Dennoch verdient eine solche Einrichtung den Vorzug vor der, bei welcher der Dampf auf die ganze Länge des Schubkastens drückt, wodurch eine sehr bedeutende Reibung entsteht.

c. Die Kolbensteuerung, welche wir bei den Wassersäulenmaschinen kennen lernten, gehört ebenfalls zu den Schiebern, indem sie im Wesentlichen mit diesen übereinkommt und mit ihnen gleiche Vortheile hat. Sie ist jedoch nur für Maschinen von kleinern Dimensionen zu empfehlen, bei denen der Querschnitt der Dampfkanäle noch nicht bedeutend wird. Die Kolben bestehen aus Metall, sind sehr genau abgedreht und bewegen sich in genau ausgebohrten Cylindern.

d. Rotirende Ventile. Das einfachste Ventil dieser Art ist die Drehklappe, nach der Form der Kanals eine runde, um eine durch ihre Mitte nach der Richtung des Durchmessers gehende Axe bewegliche Platte. Sie ist da bequem anzuwenden, wo kein vollkommen dichter Verschluß nöthig ist, sondern nur die Zulassung des Dampfes in größerer oder geringerer Menge beabsichtigt wird. (S. Fig. 3, Taf. XX bei a b).

Die am häufigsten, zumal für Durchgänge von geringerm Querschnitt, angewendeten Ventile dieser Art, sind die Hähne, die gewöhnlich so construirt sind, daß ihr Durchmesser um ein Sechstheil ihrer Länge abnimmt; jedoch ist es bei ihrer Verwendung bei Dampfröhren ein Vortheil, sie nahe cylindrisch zu machen, weil sie sich dann gleichförmiger abnützen und besser schließen. Da bei der Umdrehung des Hahns der Dampf jedesmal auf den ihm entgegen stehenden soliden Theil drückt; so entsteht dadurch nicht nur eine bedeutende Reibung und ein Bestreben, den Hahn um so mehr, je konischer er ist, seitwärts zu schieben; sondern eine ungleiche Abnützung des konischen oder cylindrischen Lagers, das nach und nach eine ovale Form annimmt, weshalb dann der Hahn wieder nachgeschliffen werden muß.

Die für Dampfmaschinen gebräuchlichste Einrichtung dieser Art, ist ein doppelt durchbohrter Hahn, der Vierweg-Hahn (four-way cock), der in Fig. 5, Taf. XVI, im Durchschnitt dargestellt ist. Steht der Hahn b wie in der Figur, so sinkt der Kolben, weil der Dampf durch a über denselben gelangt, und von unten durch x entweichen kann; in der Stellung von A muß der Kolben steigen.

3) Der Kolben. Welchen Einfluß die Kolbenreibung und der durch den Kolben stattfindende Dampfverlust auf den Nutzeffect der Maschine habe, ist schon bemerkt worden. Um möglichst den Dampfverlust zu vermeiden, muß der Kolben sehr dampfdicht schließen, welches aber ohne Vermehrung der Reibung nicht geschehen kann. Der Kolben muß im Verhältniß zu seinem Durchmesser eine hinreichende Dicke erhalten, welche die erforderliche gleichmäßige Leitung desselben in dem Cylinder bewirkt, so daß er bei dem Druck des Dampfes auf denselben seine, auf die Axe des Cylinders senkrechte Stellung auch ohne die Leitung der Kolbenstange behalten würde, wenn auch an einzelnen Theilen seiner Peripherie die Reibung ungleich ist. Zu dem Ende soll das Product aus dem Durchmesser des Kolbens in die Reibung seines Umfanges gleich sein dem Pro-

duct aus der Dicke desselben in den Druck, der jene Reibung hervorbringt. Wird die Reibung, wie gewöhnlich, als ein Theil des Druckes ausgedrückt, so ist die Kolbendicke gleich dem Durchmesser, multiplicirt mit der Reibung. Für Messing auf Eisen ist die Reibung im Mittel ein Achtel, für die Hanfliederung ein Sechstel des Drucks; folglich ist die geringste Kolbendicke für den ersten Fall $1/_8$, für den letzten $1/_6$ des Durchmessers. Da der mittlere Theil der Kolbendicke wenig zur Stetigkeit seiner Bewegungen beiträgt, wohl aber die Reibung vermehrt, so ist es im Allgemeinen besser, dem obern und untern Theil der Kolbendicke den besten Schluß zu geben, den mittlern Theil aber minder dicht zu liedern.

Die Liederung des Kolbens besteht entweder aus Hanf oder aus Metall, und die Hanfliederung ist die gewöhnlichste, wie z. B. in den Durchschnitten Fig. 3 u. 4, Taf. XVI; auch die Liederung des Kolbens der großen Cornwalliser Wasserhaltungsdampfmaschine, Taf. XXI, besteht aus Hanf, und eben so die der Maschinen auf Taf. XVII, XVII und XIX. Die Einrichtung einer solchen Hanfliederung wird aus Fig. 4, Taf. XVI, deutlich. Die Bodenplatte x des Kolbens P paßt so genau in den Cylinder, als es geschehen kann, ohne daß seine freie Bewegung gehindert wird. An diese Bodenplatte ist ein aufrechtstehender und um 1 bis 2 Zoll von der Kante zurücktretender Rand gegossen, so daß zwischen demselben und der Cylinderwand ein ringförmiger Raum entsteht, in welchem ringsum gehechelter langer Hanf, oder leicht gedrehte hanfene Seile, oder aus langem Hanf hierzu eigens locker geflochtene Schnüre oder Zöpfe so dicht und eben als möglich gewickelt, und mittelst des Hammers eingekeilt werden. Der Hanf ist gewöhnlich zu etwa $1/_4$ Zoll dickem, lockerm Garn oder Schnüren versponnen; 30 bis 36 solcher Schnüre werden zu einem lockern Seile von etwa $1^1/_4$ Zoll Stärke zusammengedreht, und dann 4 oder 5 solcher Seile zu einem flachen Zopfe oder Bande zusammengebunden, welches $1^1/_4$ Zoll Dicke auf $2^1/_4$ Zoll Breite hat, folglich, wenn der ringförmige Raum des Kolbens 2 Zoll beträgt, diese nach seiner Breite ausfüllt. Diese Zöpfe oder Bänder werden nun in den Raum spiralförmig nach der Breite eingelegt, jede einzelne Lage mittelst eines Holzstücks und des Hammers auf die Bodenplatte des Kolbens niedergeschlagen, und mit Einlegungen dieser Windungen auf diese Art fortgefahren, bis der Raum völlig ausgefüllt ist. Die Zöpfe beschmiert man vor dem Einlegen mit Talg, um die Zwischenräume auszufüllen und das Aneinanderpressen zu befördern. Nun wird der Deckel y aufgelegt und mittelst der Schrauben z an das Bodenstück angezogen, wodurch der die Liederung bildende Hanfring nicht nur zusammengepreßt, sondern auch mittelst des an dem Deckel befindlichen Vorsprungs nach außen gegen die Cylinderwand gedrückt wird. Wenn nach längerem Gange der Maschine die Liederung sich abnützt, so werden die Schrauben z nachgezogen, was so lange geschehen kann, als dieselben noch zu wirken vermögen, worauf dann der Kolbendeckel abgenommen und eine neue Lage des Hanfseiles auf die vorige Weise hinzugefügt werden muß.

Die Art und Weise der Befestigung der Kolbenstange in dem Kolben ist auch aus der Abbildung ersichtlich. Das untere Ende der Stange ist konisch geformt und paßt in

eine konische Höhlung des Bodenstücks, in welcher sie mittelst eines durchgesteckten Keiles, oder durch eine über dem Deckel angebrachte Schraubenmutter, in welchem Falle die Stange an dieser Stelle mit einem Schraubengewinde versehen ist, befestigt wird. Der Kolben wird während des Ganges der Maschine mit Talg versehen, welcher durch einen, im obern Deckel des Cylinders befindlichen, mit einem Hahn zu sperrenden Trichter von Zeit zu Zeit in den Cylinder eingelassen wird. Eine geringe Zugabe von sehr fein gepulvertem Graphit verbessert die Wirkung der Schmiere, besonders für den Anfang, wenn Cylinder und Kolben noch neu sind. — Eine Vorrichtung, welche den Zweck hat, das jedesmalige Oeffnen des Cylinderdeckels zu vermeiden, wenn der Kolbendeckel nachgeschraubt werden soll, übergehen wir hier, wegen ihrer Beschreibung auf Prechtl's Encyklopädie III. S. 645 rc. verweisend.

Bei der **Metallliederung** wird der Hanf durch Metallringe ersetzt, welche durch den Dampf und mittelst Federn an die Wände des Cylinders angedrückt werden, so daß sie einen dampfdichten Verschluß bilden. Diese Kolben haben vor den mit Dampf gedichteten den Vorzug einer größern Dauerhaftigkeit, geringern Reibung, und wenn sie sorgfältig hergestellt sind, eines dichtern Verschlusses. Sie erfordern aber eine weit genauere Arbeit und einen vollkommen gebohrten Cylinder. Der beste Kolben dieser Art, der sich durch die Erfahrung in neuerer Zeit hinreichend bewährt hat, ist der **Barton**'sche, welcher in Fig. 6, Taf. XV, im Grundrisse, und in Fig. 4 im senkrechten Durchschnitt im Cylinder dargestellt worden ist.

Die Bodenplatte des Kolbens ist Gußeisen, und mit derselben zusammen gegossen sind die sechs Arme mit ihren vorspringenden runden Enden, in denen die Schraubenlöcher befindlich sind, die zur Befestigung des Deckels dienen. Diese Arme haben hauptsächlich den Zweck, den Kolben leichter zu machen, indem er, massiv gegossen, sehr schwer sein würde. Die Bodenplatte und der Deckel sind gut concentrisch abgedreht, so daß sie fast genau in den Cylinder hineinpassen, und die obere Seite der Bodenplatte und die untere Seite des Deckels sind sehr glatt abgedreht und abgeschliffen, und der eiserne Ring, in den die Arme des Kolbens auslaufen, und der einen hervorstehenden Rand auf der Bodenplatte bildet, ist ebenfalls genau abgedreht. Der Ring hält die Boden- und die Deckelplatte in einer bestimmten Entfernung von einander. Der ringförmige Raum zwischen beiden wird nun auf folgende Weise ausgefüllt. Ein Ring von Bronze, der etwas weiter als Boden und Deckel des Kolbens und der in vier Segmente, e, e, e, e, Fig. 6, zerschnitten ist, wird in den ringförmigen Raum gelegt. Zwischen den Segmenten liegen 4 dreieckige Keile, ebenfalls aus Bronze, von welchen jeder durch zwei spiralförmige Federn an die beiden Segmente, an denen er anliegt, angedrückt wird. Diese Federn liegen mit beiden Enden in einer cylindrischen Aushöhlung, die sich sowohl in dem Keile, als in dem massiven Stück des Kolbens befindet, damit sie sich frei hin und her bewegen können, ohne sich zu krümmen, zu welchem Ende auch jede dieser Spiralfedern über einen stählernen Stift läuft, der etwas kürzer ist, als die Feder. In die Segmente ist eine Rinne eingedreht, die zur Aufnahme der Schmiere bestimmt ist. In den horizontalen Fugen schließen die Theile dicht aneinander, so daß durch dieselben kein Dampf entweichen kann. Wenn nun der Dampf auf die untere Kolbenfläche drückt, so verbreitet er sich durch die senkrechte Fuge hinter die Segmente und Keile und drückt sie vorwärts; dasselbe geschieht durch andere Fugen, wenn der Dampf auf die obere Kolbenfläche drückt. Der Druck der Federn giebt nun den Segmenten noch den Ueberschuß des Drucks gegen die Cylinderwand, welcher nothwendig ist, um den Durchgang des Dampfes zu hindern. So wie sich die Segmente nach und nach abnützen, treten die Keile zwischen denselben hervor, ihre Spitzen runden sich ab, und indem sie die Oeffnung zwischen den Segmenten ausfüllen, machen sie selbst einen Theil von dem Umkreise des Kolbens aus, ohne Gruben in die Cylinderwand zu arbeiten. — Da die Spiralfedern leicht in Unordnung gerathen, oder sich leicht abnutzen, so hat man statt derselben eine runde, reifförmige Feder angewendet, welche gegen die Keile drückt. Einen ähnlich eingerichteten Kolben, der sehr gute Dienste leistet, findet man in den Verhandlungen des preuß. Gewerbvereins, 1835, Lief. 3, S. 111, auch im polytechn. Centralblatt 1836, Nro. 23, beschrieben. Außerdem giebt es noch eine Menge anders eingerichteter Metallliederungen, wegen deren Beschreibungen ich jedoch auf die unten citirten Werke verweisen muß.

Leitung des Kolbens. — Die cylindrisch gedrehte Kolbenstange läuft in einer **Stopfbüchse**, die so eingerichtet ist, daß sie dem Dampf keinen Durchgang gestattet. Diese Einrichtung ist aus den Taf. XV rc. und namentlich aus Fig. 4 derselben zu ersehen, und stimmt im Allgemeinen mit der Hanfliederung des Kolbens überein. In die mit Hanf, Baumwolle, Werg rc. gefüllte, mit einer Scheibe versehene Büchse, wird ein die Kolbenstange umgebender, kurzer, ebenfalls mit einer Scheibe versehener Cylinder eingesteckt, dessen oberer Theil in Form einer Schale zur Aufnahme des Fettes ausgehöhlt ist, und mittelst einiger, durch die vorstehenden Scheiben durchgehender Schrauben niedergezogen, wodurch der Hanf gegen die Kolbenstange gepreßt wird. Im Kleinen ist die Büchse mit einer Schraubenmutter versehen, in welche eine durchbohrte Schraube eingeschraubt wird. Eine Metallliederung der Stopfbüchsen hat keine merkbaren Vortheile.

Der Kolben muß in seiner auf- und niederwärts gehenden Bewegung in einer senkrechten Lage erhalten werden, weil sonst ein schädlicher Seitendruck auf die Stopfbüchse und auf die Cylinderwand erfolgen würde, welcher die Reibung vermehrt und die Dichtung vermindert. Es kann dieß entweder durch unmittelbare **Leitung** oder durch **Gegenlenkung** geschehen. Bei der ersten Art wird die Kolbenstange mittelst Rollen in einem senkrechten Rahmen, oder mittelst einer senkrechten Stange, wie die Fig. 1 u. 2, Taf. XX, zeigen, auf- und niedergeführt; mit der Axe der Rolle, oder mit der Querstange, welche die Leitstange umfaßt, ist eine Stange verbunden, deren unteres Ende mit der an der Axe des Schwungrades sitzenden Kurbel in Verbindung ist. Bei dieser Einrichtung geht nichts an Kraft verloren, als die von dem schiefen Drucke der Kurbelstange verursachte Reibung, welche mit der Länge dieser Stange abnimmt. Einige andere, aber mehr zusammengesetzte Vorrichtungen dieser Art zeigen die Fig. 9 und 10, Taf. IV.

Am gewöhnlichsten sind die Vorrichtungen mittelst der Gegenlenkung und des Parallelogramms, welche wir zwar schon auf den Taf. XVI—XIX und XXI kennen gelernt haben, die wir aber noch etwas genauer betrachten wollen.

Die erste Art der sogenannten parallelen Lage ist in Fig. 12, Taf. VII, dargestellt. ABH ist die Hälfte des Balanciers, EP die Kolbenstange, welche eine senkrechte, oder sich derselben nähernde Bewegung erhalten soll, indem sich der Balancier um seine Are A auf und nieder bewegt. Um nun die senkrechte Bewegung zu erlangen, ist eine Stange BD an dem Punkte B beweglich aufgehängt, und mit seinem andern Ende D ist eine andere, längere Stange CD, der sogenannte Lenker (bridle link), ebenfalls mittelst eines beweglichen Punktes C verbunden. Es sei der Stand der Dinge so, daß der Balancier AB und der Lenker CD einander parallel sind, wenn jener horizontal ist, so wird das Verbindungsgelenk BD senkrecht, oder fast senkrecht stehen. Es wird alsdann in BD stets ein Punkt gefunden werden, der von dem Verhältniß der beiden Radien CD und AB abhängt und so, daß, wenn der Balancier auf- und niedergeht, der Punkt so senkrecht bleibt, als es praktische Zwecke erfordern.

Wenn CD = AB, wie es gewöhnlich in der Praxis der Fall ist, so ist BE = ED und mit dem Punkt E ist das Ende der Kolbenstange verbunden.

Mehre Mechaniker haben lange mathematische Entwickelungen gemacht, um das Verhältniß von BE zu ED zu bestimmen, wenn das von CD zu AB gegeben ist, oder umgekehrt dieses zu finden, wenn jenes gegeben ist; allein jedenfalls werden die Verhältnisse besser durch Construction gefunden.

Ist das Verhältniß zwischen AB und CD gegeben, so findet man den Punkt E, nach Tredgold's Angabe, auf folgende Weise. Es verhalte sich AB : CD = m : n; man ziehe alsdann von der Zahl n die halbe Quadratwurzel aus ihrem vierfachen Quadrat, minus 1, für eine erste Zahl ab; ebenso von der Zahl m die Hälfte der Quadratwurzel aus ihrem vierfachen Quadrat, minus 1, für eine zweite Zahl; dann dividire man die erste Zahl durch die zu der zweiten addirte, und der mit BD, d. h. mit der Länge des Gelenks, multiplicirte Quotient wird die Entfernung der Punkte E und B angeben; d. h.

$$BE = \frac{BD\,[n - \sqrt{(n^2 - 0,25)}]}{[m - \sqrt{(m^2 - 0,25)}] + [n - \sqrt{(n^2 - 0,25)}]}$$

Man wird leicht einsehen, daß die auf diese Weise hervorgebrachte Bewegung nur annähernd, aber nicht genau parallel ist. Bestimmt man aber die Verhältnisse so, daß der Punkt E in der höchsten, in der horizontalen und in der niedrigsten Stellung des Balanciers, in einer senkrechten Linie liegt, so wird die Abweichung außerhalb dieser Punkte sehr geringfügig sein. Man kennt diese Vorrichtung unter dem Namen des Gegenlenkers.

Fig. 13 stellt diejenige Gegenlenkung vor, welche gewöhnlich das Parallelogramm genannt, und in der Regel bei den doppelt wirkenden Dampfmaschinen angewendet wird, indem der so eben beschriebene Gegenlenker nur für Maschinen mit geringem Hub zweckmäßig ist. Um den festliegenden Mittelpunkt A dreht sich der Balancier AB.

Bei B wird ein Stab BD eingeliedert, bei C ein zweiter CE = BD ebenfalls beweglich eingehängt, und die Endpunkte E und D dieser beiden Stäbe sind mit DE = BC verbunden, so daß BCDE in jeder Lage von AB ein Parallelogramm bilden. Der Punkt D, an welchen die Kolbenstange P angehängt ist, soll sich hier in der senkrechten Linie bewegen, und dieß wird durch den Hebel EG, der bei G seinen festen Punkt hat, und bei E mit CE um eine gemeinschaftliche Are läuft, erreicht. Ferner ist zu beobachten, daß der Punkt B, wenn AB horizontal ist, von der senkrechten Linie eben so weit auswärts abstehen muß, als er in seinem höchsten oder tiefsten Stande von derselben einwärts gegen A hin entfernt liegt; daß also die Senkrechte den Sinusversus des größten Ausschweifungswinkels von AB halbirt.

Um den Drehungspunkt G des Hebels EG zu finden, zeichne man sich die Lage des Parallelogramms im höchsten, mittlern und tiefsten Stande, lege D jedesmal in die Senkrechte, und bemerke den Punkt, wohin E fällt. Zu diesen drei verschiedenen Lagen des Punktes E suche man den Kreismittelpunkt, und man wird dadurch mit G die Länge von EG finden.

EG wird immer horizontal sein, wenn AB horizontal liegt, und übrigens AB gleiche Ausschweifungswinkel über und unter der Horizontallinie macht. Wäre BC = $\frac{1}{2}$ AB, so würde auch EG = BC = $\frac{1}{2}$ AB werden, und G fiele mit D in der horizontalen Lage zusammen; da jedoch dieses Verhältniß zwischen den Hebelarmen schwer ausführbar ist, weil gewöhnlich an jeder Seite des Balanciers AB ein Parallelogramm angebracht wird, deren gleichliegende Drehungspunkte mittelst Aren verbunden sind, so muß G außerhalb oder innerhalb der senkrechten Linie zu liegen kommen, weil sonst die Bewegung der Are des Punktes D gehindert würde. Nimmt man BC kleiner als $\frac{1}{2}$ AB, so wird G außerhalb der Senkrechten fallen, EG den beiden Parallelogrammen seitwärts liegen, und entweder nur auf einer Seite, besser aber auf beiden, oder doppelt angelegt werden können. Wird BC größer als $\frac{1}{2}$ AB, so liegt G von der Senkrechten gegen A hin, und kann zweifach zwischen den beiden Parallelogrammen angebracht sein, wenn übrigens der Arm AB nicht so weit abwärts ausschweift, daß dessen Bewegung durch G gehindert würde. Daß der Gang des Punktes D in einer von der Senkrechten äußerst wenig abweichenden Linie erfolgen muß, bringt die Construction mit sich; denn D liegt beim höchsten, mittlern und tiefsten Stande von AB immer in der Senkrechten, daher auch bei seinen Zwischenbewegungen immer sehr nahe an jener Linie.

In den Verhältnissen der Längen der verschiedenen Hebel und Stäbe herrscht eine große Verschiedenheit. Die Theile BD = CE dürfen, wenn die Bewegung von bedeutender Länge und die Abweichung unbedeutend sein soll, nie zu kurz genommen werden. Im Allgemeinen soll die Bewegung 20° nicht überschreiten, und dieß ist nahe der Fall, wenn AB sich zur Länge des Kolbenhubes wie 3 : 2 verhält. Folgende Tafel zeigt eilf verschiedene Verhältnisse und Anordnungen von Parallelogrammen, die von englischen Dampfmaschinen der besten Einrichtung genommen sind. Die Maße sind in Zollen.

Nro.	Länge des Kolbenhubes.	Länge des Balanciers AB.	Länge von DE = BC.	Länge von CE = DB.	Länge des Lenkers EG.
1	96	147	69	42	78
2	72	120	50	28	96
3	72	110	55	31,5	55
4	48	90	41	20	60
5	48	84	38	19	60
6	48	84	36	20	54
7	48	72	41	18	25
8	45,6	76	40	28	36
9	36	60	37	12	15,66
10	24	37	16	9	26
11	23	36	16	12	26

Eine andere Anordnung werden wir noch weiter unten bei den Dampfschiffen kennen lernen.

4) Die Condensirung der Dämpfe geschieht in den bis jetzt beschriebenen Maschinen stets durch Einspritzung von kaltem Wasser; eine Condensirung ohne diese Injection würde aber viele Vortheile gewähren. Die Luftpumpe wäre dann entbehrlich. Das condensirte Dampfwasser wäre rein und luftleer, wie destillirtes Wasser, und würde, stets wieder in den Kessel zurückgeführt, fast alle Reinigung desselben unnöthig machen; ein Umstand, der besonders bei Dampfschiffen, die das Meer befahren, sehr wichtig sein müßte.

Unter den Versuchen einer solchen Condensation verdient besonders die des verstorbenen Mechanikus Freund zu Berlin einer besondern Erwähnung, da nach diesem Prinzip eine ganze Reihe sehr ausgezeichneter Maschinen erbaut worden sind. Der Condensator besteht aus langen, hin- und herlaufenden, kupfernen Röhren in einem Wasserkasten von gußeisernen Platten. Er wird durch die kalte Wasserpumpe mit kaltem Wasser versehen, das stets von unten eintritt. Das Condensationswasser wird durch die Luft- und die Wasserpumpe gehoben und dem Kessel zugeführt. Dampfmaschinen nach dem Freund'schen Prinzip findet man beschrieben und abgebildet in dem Severin'schen Werke, S. 290 ꝛc. und auf Blatt VI, und in Gilberts Annalen vom Jahre 1821, Stück I, S. 49 ꝛc.

Von der Leistung der Dampfmaschinen.*

Wie wir schon oben bei den physikalischen Eigenschaften des Dampfes bemerkten, wird die Spannung desselben, wie er im Kessel erzeugt wird, nach Atmosphären oder nach Zollen Quecksilberhöhe bezeichnet. Die Stärke des Dampfes an und für sich aber wird gewöhnlich nach Pferdekräften bestimmt. Obgleich wir schon weiter oben auseinandergesetzt haben, was darunter zu verstehen sei, so müssen wir doch noch einmal näher darauf zurückkommen, weil die Angaben darüber unter sich sehr verschieden sind.

Leslie ermittelte eine Pferdekraft zu 35860 Fuß, Pfund engl. = 37438,8 Fuß, Pfund sächsisch (Leipziger

* Nach dem Hauslexicon, II, 425 ꝛc.

Gewicht und Dresdner Maaß) pro Minute; d. h. die Kraft eines Pferdes reicht nach Leslie hin, in 1 Minute 35860 engl. Pfunde auf 1 engl. Fuß Höhe, oder umgekehrt: 1 engl. Pfund auf 35860 engl. Fuß Höhe zu heben. Smeaton dagegen nur zu 22916 Fuß, Pfund engl. = 23925 Fuß, Pfund sächs. Die Franzosen setzen sie häufig zu 28000 franz. Fußen und Pfunden = 33625 Fuß, Pfund sächs., oder zu 4500 Kilogr. auf 1 Meter Höhe gehoben = 33975 Fuß, Pfund sächs. Die gewöhnlichste und allgemeinste Annahme bleibt immer die von Watt zu 33000 Fuß, Pfund engl. = 34446,5 Fuß, Pfund sächs. Da aber sonach bei betreffenden Angaben immer noch ein Zweifel darüber entstehen kann, was für Pferdekräfte gemeint sind, so dürfte die in Frankreich unter den wissenschaftlichen Technikern immer mehr in Gebrauch kommende Art der Abschätzung nach Dynamen, d. i. 100 Kilogr. pro Minute auf 1 Meter Höhe gehoben, d. i. 755 Fuß sächs., wegen ihrer Bestimmtheit und Gemeinverständlichkeit wohl allgemeiner Beachtung und Annahme verdienen.

Ermittelt wird die Kraft einer Dampfmaschine: 1) aus dem Flächeninhalte (oder dem Durchmesser) des Kolbens; 2) dem wirksamen Drucke auf denselben; 3) der Höhe des Kolbenhubes und 4) der Anzahl Kolbenspiele pro Secunde (ganzer, aus einem Auf- und einem Niedergange, und halber, blos aus einem von beiden bestehend), oder überhaupt, der aus 3 und 4 berechneten Geschwindigkeit in Fußen. Die Stärke des Dampfdruckes auf den Kolben wird pro Quadrat-, besser aber pro Kreiszoll (0,7854 des erstern), angegeben, weil sich alsdann der Druck auf den ganzen Kolben weit leichter aus dem Durchmesser des letztern berechnen läßt; der Kolbenhub wird in Fußen angesetzt; das Product sämmtlicher Größen durch die Stärke einer Pferdekraft oder einer Dynameneinheit dividirt, giebt die Stärke der Dynamen in einem oder dem andern Maaße. Der Druck des Dampfes im Kessel wird am besten aus dem Manometer erkannt; bei einem gewöhnlichen, zweischenkeligen, im äußern Schenkel oben offenen Manometer wird, abgesehen von dem zeitweiligen Zustande der Atmosphäre, — der unter Dampf angeführten Tabelle zufolge — jede Erhebung des Quecksilbers über den Nullpunkt von 1 Centimeter = 0,02718 Kilogrammen pro Quadrat-Centimeter; von 1 Zoll Dresdener = 0,76478 Leipziger Pfund pro Leipziger Quadratzoll; von 1 preuß. Zoll = 1,03986 preuß. Pfund; von 1 Wiener Zoll = 1,0935 Wiener Pfund; von 1 engl. Zoll = 0,98262 Pfund avoir-du-poids — Ueberdruck des Dampfes über den Atmosphärendruck anzeigen. — Abgesehen von der Größe der Maschinen — indem bei größern Maschinen, bei welchen die Hindernißlast verhältnißmäßig kleiner, die Leistung daher etwas größer ist als bei kleinen, — können folgende Formeln für eine allgemeine Ueberschlagung der mittlern Nutzleistungen der verschiedenen Dynamen-Systeme dienen. Wenn P den Druck des Dampfes im Kessel, p den der Atmosphäre, beide pro Kreiszoll, d den Cylinderdurchmesser in Zollen, V die Kolbengeschwindigkeit in Fußen pro Minute, w den Coefficienten der gesammten Hindernißlast bedeutet, so ist die Nutzleistung pro Minute:

1) Bei Hochdruckmaschinen ohne Condensation und Expansion, $K = (P[1 - w] - p) Vd^2$ und

allgemein kann w für Maschinen von 4—5 Atmosphären Spannung = 0,4, daher 1 — w = 0,6 gesetzt werden.

2) Bei Hochdruckmaschinen ohne Condensation, aber mit Expansion ist, wenn n den Expansions-Coefficienten, d. h. $\frac{1}{n}$ denjenigen Theil des Kolbenhubes bezeichnet, bei welchem der Dampf abgeschlossen wird, $K = Vd^2 [P (\frac{1 + \log.\ nat.\ n}{n} - w) - p]$; für die vortheilhafteste Expansion ist aber $n = \frac{P}{wP + o}$, daher in diesem Falle $K = \frac{Vd^2 P}{n} . \log.\ nat.\ n$.

3) Bei Hochdruckmaschinen mit Expansion und zwei Cylindern ist, wenn V die Geschwindigkeit des kleinen Kolbens, m . n die Verhältnißzahl des Inhaltes des großen Cylinders gegen den kleinen bedeutet: $K = Pd^2 V [1 + \log.\ nat.\ m . n - m . n \frac{wP + p}{P}]$, oder wenn mn ebenfalls, als das vortheilhafteste Verhältniß zwischen beiden $= \frac{P}{wP + p}$, so wird $K = PVd^2 \log.\ nat.\ m . n$. Für die gewöhnliche Spannung ist w = 0,5338.*

4) Atmosphärische Maschinen mit Condensation im Cylinder berechnen sich nach Tredgold $K = \frac{Vd^2 P}{2} . 0{,}52$, wo P ebenfalls den Atmosphärendruck pro Kreiszoll bezeichnet.

5) Atmosphärische Maschinen mit Condensation außerhalb des Cylinders, $K = \frac{Vd^2 P}{2} . 0{,}542$.

6) Einfach wirkende Watt'sche Maschinen (wo P wieder der Dampfdruck im Kessel ist) $K = \frac{Vd^2 P}{2} . 0{,}6$.

7) Einfach wirkende Watt'sche Maschinen mit Expansion, wenn n die obige Bedeutung hat, $K = \frac{Vd^2 P}{2 . n} . [\log.\ nat.\ n + (n - 2)]$, nach Prechtl; vorausgesetzt, daß, wenn p' den Gegendruck der unvollkommen condensirten Dämpfe unter dem Kolben, w den Hinderniß-Coefficienten bedeutet (gewöhnlich = 0,4), $n = \frac{P}{P (1 + w) + p'}$ gemacht ist, was für die gewöhnlichsten Fälle n = 1,333 giebt.

8) Die Nutzleistung der doppelt wirkenden Watt'schen Maschinen ohne Expansion berechnet sich ganz einfach $K = Vd^2 P . 0{,}632$.

* Sehr praktische Formeln und Tafeln zur Berechnung des dynamischen Effects der Dampfmaschinen mit Expansion, findet man im polytechn. Centralblatte 1836, S. 778 und 1837, S. 731 ꝛc.

9) Doppelt wirkende Watt'sche Maschinen mit Expansion, wenn n wieder $= \frac{P}{wP + p'}$, wie ad 2, $K = \frac{Vd^2 P}{n} . \log.\ nat.\ n$, wo w = 0,368 zu sein pflegt.

10) Doppelt wirkende Expansionsmaschinen mit zwei Cylindern, wo mn wieder die Capacität des großen Cylinders gegen den kleinen bezeichnet und $= \frac{P}{wP + p'}$ zu machen ist, geben K, wie ad 3 $= Vd^2 P \log.\ nat.\ mn$, worin w = 0,52 zu sein pflegt.

Der Querschnitt der Kolbenstange ist nur bei ganz kleinen Dampfmaschinen und bei hoher Dampfspannung bei der Berechnung der Druckes auf den Kolben, in Anschlag zu bringen. Der Gegendruck der uncondensirten Dämpfe wird durch das Manometer am Condensator gemessen. Noch eine practische Formel zur Ausmittelung der Stärke gewöhnlicher doppeltwirkender Watt'scher Dampfmaschinen in englischem Maaße und Gewichte ist, wenn P den nutzbaren Dampfdruck auf den englischen Quadratzoll Kolbenfläche, d den Durchmesser des Kolbens in Zollen, h die Hubhöhe in Fußen, v die Anzahl der Spiele pro Minute, n die Anzahl Pferdekräfte bedeutet (zu 33000 Fuß, Pfund), $n = 0{,}0000476\ d^2 h\ v . P$ und umgekehrt $P = 6{,}904736 + 0{,}0060606 . n$.

Werden Dampfmaschinen blos zur Wasserhebung gebraucht, oder ist man überhaupt durch keine Rücksichten gebunden, so ist es vortheilhafter, dieselben schneller, mit weniger Last, als langsamer, mit mehr gehen zu lassen. Ueber 3 bis 4 Fuß Geschwindigkeit pro Secunde ist es nicht räthlich, ihnen zu geben. Zu Förderungsmaschinen sind doppelt wirkende zu wählen; sie erleiden indeß durch das öftere Anhalten und Umsteuern mehr Kraftverlust als andere, und erfordern deßhalb mehr Brennmaterial. Dampfwagen auf Eisenbahnen arbeiten mit hohem Drucke, zuweilen mit Expansion. Maschinen auf Dampfbooten sind am sichersten von niederem Drucke; sie erfüllen dabei ihren Zweck so gut, daß, der Erfahrung zufolge, dergleichen Boote schon, bei nur 8 Pfund nützlichem Dampfdrucke pro Quadratzoll, in der Stunde 11 englische Meilen — 968 Fuß pro Minute — zurückgelegt haben. Bei Baumwollenspinnereien mit doppelt wirkenden Maschinen von niederem Drucke sind, nach Tredgold, auf jede Pferdekraft 100 Spindeln, nebst den Vorbereitungsmaschinen, giebt die englische Nummer des Fadens, addirt zu der Zahl 15, das Ganze multiplicirt mit 8, die Anzahl der durch eine Pferdekraft bewegten Spindeln; bei der französischen Art der Nummerirung ist die Fadennummer + 1,8, die Summe multiplicirt mit $\frac{200}{3}$, die Anzahl Spindeln pro Pferdekraft. Eine Pferdekraft treibt 12 Webstühle mit den Vorbereitungsmaschinen.* Bei Getreide-

* Nach Ure (Baumwollenmanufacturwesen, meine Uebersetzung S. 185) treibt eine Pferdekraft: 500 Mulespindeln, oder 300 selbstwirkende Spindeln, oder 180 Drosselspindeln, oder 8 bis 10 Webestühle mit den erforderlichen Schlichtmaschinen. Herr

mählen werden mit 1 Volumen englischer oder französischer Steinkohlen, nach Verhältniß der Größe der Dampfmaschinen 5 — 8 höchstens 10 Volumen Weitzen gemahlen. Im Allgemeinen erfordert 1 Mahlgang von englischer, gehörig vollkommener Einrichtung an und für sich 4 oder besser 5 Pferdekräfte und giebt, bei Mühlsteinen von 4 englischen Fuß Durchmesser mit 120 Umläufen pro Minute in 24 Stunden 9840 bis 10400 Pfund Schrot, woraus 5760 Pfund Weitzen- oder feines Rockenmehl gewonnen werden. Außerdem erfordert aber eine solche Mühle noch die nöthige Kraft für die Siebe und sonstige Reinigungs-Maschinen. *

Brennmaterial-Erforderniss.

Die Angaben darüber sind sehr verschieden; am unzuverlässigsten die von den Dampfmaschinen in den englischen Gruben und deren Leistungen, welche durch eine falsche Berechnungsweise unverhältnißmäßig hoch angegeben werden. Die zuverlässigste der noch jetzt allgemein gültigen Annahmen ist die von Boulton, daß 1 Bushel (81 bis 88 Pf.) englische Steinkohlen 20 Millionen Fuß, Pfund Kraft, oder 10 Stunden lang eine englische Pferdekraft leistet; durch gute Wartung kann diese Leistung bis auf 36 Millionen gesteigert, bei längerem Gebrauche der Dampfmaschine auch bis 16 bis 18 Millionen herabgezogen werden; die Newcomen'sche Maschine leistet mit 1 Bushel 9 bis 10 Millionen, die Woolf'sche im besten Zustande 26 bis 41, aber auch bis 78, die Atkins'sche soll sich gegen die Woolf'sche verhalten = 1,165 : 1, nach Atkins selbst = 1,3 : 1. — Eine Pferdekraft wird also bei Watt'schen Maschinen täglich 2,4 Bushel = 0,8136 Dresdner Scheffel englische, oder mit Rücksicht auf die Verschiedenheit der Güte der Kohlen = 1,6272 Dresdner Scheffel Dresdner Steinkohlen erfordern.

Wenn man den Werth der englischen Kohlen als Brennmaterial = 1 setzt, so ist, der Erfahrung nach, der der Lütticher = $^{2}/_{3}$ bis $^{3}/_{4}$, der der Dresdner = $^{1}/_{2}$ zu setzen. Holz und Torf leisten, bei gleichem Gewichte, im Mittel, $^{1}/_{2}$ von dem, was letztere Steinkohle; gute geformte Braunkohle $^{4}/_{6}$ so viel als gute, oder eben so viel als mittelmäßige Dresdner Kohle. Nach andern bewährten Erfahrungen erfordert, mit Rücksicht auf das Anfeuern ꝛc., eine Watt'sche Maschine von n Pferdekräften pro Stunde = 6,25 + 10,9375 . n Pfund Lütticher Steinkohlen; da nun diese wenigstens $^{1}/_{5}$ mehr Werth haben als Dresdener, 1 Dresdener Scheffel Dresdener Schmiedekohlen aber 210 Pfund wiegt, so giebt dies 0,03968253 + 0,06944444 . n Dresdener Scheffel Dresdener Schmiedekohlen, oder 0,95238 + $^{5}/_{3}$ n Dresdener Scheffel in 24 Stunden. Angestellten Versuchen zufolge kann für das jedesmalige erste Anfeuern in Fabriken, nach 12stündigem Stillstande $^{1}/_{30}$ des für die 12stündige Arbeitszeit erforderlichen Quantums angesetzt werden. Im Allgemeinen nimmt der verhältnißmäßige Verbrauch an Brennmaterial bis zu der Stärke von 100 Pferdekräften und 60 Zoll Cylinderdurchmesser nach und nach, wegen der verhältnißmäßig geringeren Kolbenreibung und des mindern Dampfverlustes in den schädlichen Räumen, ab, von da an aufwärts aber nicht mehr, weil dann einerseits der Unterschied unbedeutend wird, andererseits der Kolben nicht mehr so leicht ganz dampfdicht herzustellen ist.

Bennet (das. 187) fand in der Fabrik von Beaver in Manchester 15 Stühle ohne Schlichtmaschine; in der Fabrik von Birlie das. 417 bis 540 Spindeln (in verschiedenen Mulemaschinen) von einer Pferdekraft getrieben. In der Fabrik von Clark das. wurden 11 Webestühle von 1 Pferdekraft getrieben u. s. w. Wir kommen in der 2. Abth. des 2. Bds. darauf zurück.

* Wir machen unsere Leser hier auf zwei sehr wichtige Abhandlungen aufmerksam: Emil Köchlin „Ueber die Dampfmaschinen und vergleichende Versuche mit verschiedenen Systemen derselben, in Dinglers Journal, Bd. 62, S. 161 ꝛc., und Joseph Köchlin Bericht über die vorhergehende Abhandlung, daselbst S. 242 ꝛc.

Von der Benutzung der Dampfmaschinen im Allgemeinen und zur Schifffahrt insbesondere.

Die Erfindung der Dampfmaschinen bezeichnet nicht allein eine neue Epoche in der Geschichte der Mechanik, sondern mit der Einführung derselben beginnt auch eine neue Zeitrechnung in der Geschichte der Industrie. Ihre Anwendung ist jetzt unübersehbar, und wir würden mehrer Bogen bedürfen, um nur die wichtigsten namhaft zu machen und die Dienste aufzuzählen, die sie leisten; denn in der Dampfmaschine haben wir ein Mittel gefunden, an allen Orten da, wo nur einiges Wasser und Brennstoff vorhanden sind, uns jede erforderliche Kraft selbst zu erzeugen. Die Dampfmaschine arbeitet, wo und wie man will, unabhängig und anhaltend; ihre Kraft läßt sich leicht und unbedingt mindern und steigern.

Hier wird mit der Dampfmaschine eine große Kornmühle in Bewegung gesetzt, dort prägt eine andere Geld; an andern Orten heben ganze Dutzende riesenmäßiger Maschinen das Wasser aus den Bergwerken, und ohne ihre so mächtige Hülfe könnten dieselben gar nicht betrieben werden. Andere Dampfmaschinen fördern Erze und Steinkohlen zu Tage, treiben Gebläse und Walzwerke; noch andere verrichten sehr verschiedenartige Dienste in Brauereien, Brennereien, Zuckersiedereien u. s. w. Die verschiedenartigsten Dreh- und Bohrmaschinen gehen durch ihre Hülfe; unzählige Webestühle, viele hundert Spinnereien werden durch sie betrieben; sie formen Papierbögen, drucken Bücher, bedrucken Kattune; sehr viele dienen beim Landbau. Bei der Schifffahrt ersetzen sie die mächtige aber unstete Kraft der Atmosphäre, beim Landtransport die Pferde, bei den Feuerspritzen endlich liefern sie eine unermüdliche Kraft zur Unterdrückung von Feuersbrünsten, kurz die Dampfmaschine ist gegenwärtig die Seele der Industrie und des Handels.

Die wichtigsten Arten der Anwendung der Dampfmaschine werden wir in den folgenden vier Abtheilungen unseres Werkes kennen lernen; von den Dampfwagen werden wir in der dritten Abtheilung des ersten Bandes, wo wir von den Eisenbahnen handeln, speciell reden; ihre so wichtige Anwendung auf die Schifffahrt wird uns dagegen hier noch beschäftigen.

Allgemeine Einrichtung der Dampfschiffe. * Man kann vier Arten von Dampfschiffen unterscheiden:

* Mit Benutzung des Werkes von Bernoulli.

a) eigentliche Dampfschiffe, oder solche, die, wie andere Schiffe, Reisende oder Waaren tragen, jedoch durch eine Dampfmaschine fortgetrieben werden;

b) Bugsirschiffe (remorqueurs), oder solche, die, wie jene, durch Dampf bewegt werden, allein nicht selbst Ladung führen, sondern dazu dienen, andere Schiffe am Schlepptau fortzuziehen;

c) Dampffähren, oder Dampfboote, die blos zur Ueberfahrt über Flüsse oder Buchten dienen, und

d) Dampfstauer (toueurs) oder Schiffe, die sich fortziehen, indem mit Hülfe einer darauf befindlichen Dampfmaschine ein Seil aufgewunden wird, das irgendwo am Ufer befestigt ist.

Wir betrachten hier zunächst die eigentlichen Dampfschiffe, zu welcher Klasse bei weitem die meisten gehören.

Alle diese Schiffe werden mittelst Ruderrädern fortgetrieben, indem die Dampfmaschine eine Kurbel oder Verkröpfung umtreibt, mit der die Radwelle versehen ist.

Im Allgemeinen hat jedes Schiff zwei solcher Ruderräder, die in der Regel an derselben Welle zu beiden Seiten des Schiffes befestigt sind. Gewöhnlich liegt die Welle zwischen der Mitte und $^1/_3$ vom Vordertheil des Schiffes, da die schwere Dampfmaschine so viel als möglich die Mitte desselben einnimmt. Wenige Schiffe haben nur ein Rad, oder wohl gar vier.

Die meisten neuern Schiffe haben zwei Maschinen und die Radwelle hat dann zwei Verkröpfungen, die einander senkrecht gegenüber stehen, so daß die eine Triebstange stets die günstigste Lage hat, wenn die andern den todten Punkt erreicht.

Die ältern und die meisten amerikanischen Schiffe haben jedoch nur eine Maschine. Es ist dann, um die Unregelmäßigkeit der Kraft auszugleichen, ein Schwungrad angebracht, oder es wird das eine Ruderrad mit einem eisernen Kranze versehen, so daß es einigermaßen als Schwungrad wirkt.

Die meisten Dampfschiffe haben Maschinen von niedriger oder mittlerer Pressung, und alle Kessel von inwendiger Feuerung. Wenige Maschinen arbeiten mit hohem Druck, denn obgleich Hochdruckmaschinen mit Expansion und mit oder ohne Condensation große Vortheile gewähren würden, so erfordern doch andererseits die Expansionsmaschinen zu hohe Cylinder, und bringen eine größere Ungleichheit der Bewegung hervor, welche beide bei Dampfschiffen unzweckmäßig sind.

Die Maschinen müssen eine sehr bedeutende Kraft haben, wenn das Schiff bei ruhigem Wasser so schnell, wie ein mit gutem Winde segelndes, fahren soll, oder stromaufwärts, da eine auf dem Schiffe selbst befindliche Kraft meist an 3mal weniger, als eine gleiche vom Ufer her ziehende Kraft vermag. Auf 3 bis 5 Tonnen Ladung rechnet man gewöhnlich 1 Pferdekraft, und häufig arbeitet die Maschine mit gesteigerter Kraft, wenn gleich das Schiff lange nicht die volle Ladung hat.

Daher ist die ganze Maschinerie sehr schwer, und beträgt (Maschine, Kessel, Wasser und Räder) meistens 1 bis $1^1/_2$ Tonne auf die Pferdekraft, oder gegen $^1/_3$ oder $^1/_4$ der vollen Ladung. Nur bei Hochdruckmaschinen mit kleinen Kesseln beträgt das Gewicht nur $^3/_4$ Tonne auf die Pferdekraft. Dazu kommt dann noch der, zumal bei längern Reisen bedeutende Vorrath an Brennmaterial.

Die meisten europäischen Dampfschiffe verbrennen Steinkohlen, die amerikanischen mehrentheils Holz. Der Brennmaterialienverbrauch ist in der Regel weit größer, als bei gewöhnlichen Dampfmaschinen; man kann meist 12 und oft 15 und mehr Pfund Steinkohlen in der Stunde und auf die Pferdekraft rechnen, weil einerseits diese Maschinen oft übermäßig arbeiten müssen, und andererseits Dampfverlust weniger zu verhindern ist. Die Dampfcylinder stehen gewöhnlich senkrecht, und die Kolbenstangen wirken theils mittelst eines Balanciers, theils mittelst Gelenkstangen auf die Kurbeln. Einige Schiffe haben aber auch horizontale oder schiefliegende, und einige neuere schwingende Cylinder.

Die wenigsten Schiffmaschinen haben einen Regulator, weil Gleichförmigkeit der Kraft hier weniger nöthig ist; desto wichtiger ist hingegen ein Barometer oder Manometer, um zu jeder Zeit die Stärke des Dampfdrucks wahrnehmen zu können. Die Kessel bestehen aus Eisen- oder Kupferblech.

Die Ruderräder haben 8 bis 12 hölzerne oder blecherne Schaufeln, welche ungefähr wie die der unterschlächtigen Wasserräder befestigt sind, und ihr Durchmesser beträgt gewöhnlich zwischen 12 und 16 Fuß. Sie müssen natürlich so hoch liegen, daß nur die untersten Schaufeln in das Wasser eintauchen. Beim Ein- und Austauchen flach liegender Schaufeln geht stets etwas Kraft verloren, und man hat daher vielfach eine Einrichtung versucht, welche das Wenden der Schaufeln möglich macht; gewöhnlich litt aber dabei die nothwendige Festigkeit. Mehre Schiffe sind jedoch mit solchen Rädern versehen, die wir weiter unten noch näher kennen lernen werden.

Sollen die Radschaufeln eine Kraft auf das Wasser äußern, so müssen sie offenbar eine größere Geschwindigkeit haben, als das Schiff, und selbst die des innern Randes der Schaufeln muß noch etwas größer sein. Bei geringerer Geschwindigkeit würde dieser Theil der Schaufel eine rückwirkende Kraft ausüben. Es ergiebt sich daraus, daß die Schaufeln eine bestimmte Umfangsgeschwindigkeit erhalten müssen, und daß sie außerdem nicht zu breit sein dürfen. Viele sehen die doppelte Geschwindigkeit für die vortheilhafteste an, jedoch läßt sich darüber nichts festsetzen.

Bei einem Durchmesser von 14 Fuß hat das Rad 44 Fuß Umfang; sollte es damit, wenn das Schiff 8 Fuß in der Secunde zurücklegt, 16 Fuß durchlaufen, so müßte es in der Minute $\frac{16 \times 60}{44}$ oder an 22 Umgänge machen, und der Kolben also auch eben so viel Doppelhübe. Wären die Schaufeln 2 Fuß breit, so hätte der innere Rand derselben immer noch eine Geschwindigkeit von 12 Fuß. Sie käme hingegen der des Schiffes gleich, wenn die des äußern Randes nur 8 Fuß betrüge. Da die relative Geschwindigkeit der Schaufeln an keine bestimmte Regeln gebunden ist, so kann auch für die Größe der Schaufeln keine allgemeine Vorschrift gelten.

Bei gleich gebauten Schiffen und gleicher Geschwindigkeit richtet sich der Widerstand nach der Größe des größten eintauchenden Querschnitts, und dieser fände sich, wäre er ein Rechteck, wenn man die Breite des Schiffs mit der eintauchenden Tiefe multiplicirte. Einige schreiben für die

Schaufelfläche $^1/_{10}$ oder $^1/_{12}$ jenes Querschnittes vor, und betrüge dieser also z. B. 60 Quadratfuß, so müßte jede Schaufel 5 bis 6 Quadratfuß groß sein, oder bei 2 Fuß Breite etwa 3 Fuß lang. Bei 10 amerikanischen Schiffen aber, deren Dimensionen Marestier in seinem weiter unten näher aufgeführten Werke angiebt, fand er die Schaufeln von $^1/_8$ bis $^1/_{11}$ variirend.

Der Bau der Dampfschiffe hat übrigens wenig Eigenthümliches, auch brauchen sie nicht massiver als Schiffe mit Segeln zu sein; die amerikanischen sind in der Regel sogar sehr leicht gebaut. Die meisten, welche das Meer oder Seen befahren sollen, werden aber zugleich mit Masten und Segeln versehen.

Früher waren die Dampfschiffe insgemein sehr flach gebaut, und auch jetzt haben sie meistens einen sehr scharfen Kiel, damit sie weniger tief gehen. Die meisten sind 4 bis 5mal länger als breit. Gewöhnlich ruht die Maschine auf dem Boden des Schiffs. Bei Reisebooten ist der vordere und hintere Raum in mehre Säle abgetheilt und bei den meisten mit großer Eleganz zur Aufnahme der Reisenden eingerichtet.

Die Geschwindigkeit der Dampfschiffe ist nach ihrem Bau, nach der verhältnißmäßigen Stärke der Maschinen und nach der Ladung sehr verschieden. Auf Seen oder Meeren legen viele 7 bis 9 engl. Meilen (von denen 4,6 auf eine deutsche gehen) zurück. Haben die Schiffe Segel, so kann man dadurch auf langen Reisen auf eine Beschleunigung von etwa $1^1/_2$ engl. Meilen rechnen.

Auf Flüssen wird die effective Geschwindigkeit um die des Flusses beim Aufwärtsfahren vermindert, beim Abwärtsfahren vermehrt. Ein Schiff mit 8 Fuß Geschwindigkeit in stillem Wasser würde also auf einem Fluß, der 5 Fuß Strömung hat, 3 Fuß in der Secunde stromauf, und 13 Fuß stromab zurücklegen. Es ist daraus auch klar, daß Flußschiffe nothwendig eine bedeutende Kraft haben müssen; denn vermögte die Maschine in dem obigen Falle nur eine Geschwindigkeit von 5 Fuß zu erzeugen, so würde das Schiff stromauf gar nicht weiter kommen, und alle Arbeit daher vergeblich sein. Da anderseits aber, wie wir gleich sehen werden, alle Beschleunigung eine ungleich stärkere Kraft und also auch einen weit größern Aufwand an Brennmaterial erfordert, so ist begreiflich, 1) daß es beim Stromauffahren am vortheilhaftesten ist, wenn die absolute Geschwindigkeit des Schiffes halb so groß, als die Strömung ist (d. h. daß es in der Secunde 3 Fuß weit fahre, wenn der Fluß 6 Fuß Strömung hat), und 2) daß eine zu große Strömung die Dampfschifffahrt zuletzt unmöglich machen muß.

Die Construction der Bugsirschiffe weicht von der der gewöhnlichen Dampfschiffe nicht wesentlich ab. Die Anwendung solcher Schiffe ist von mehren Mechanikern als absolut vortheilhafter empfohlen worden; es ist indessen nicht einzusehen, daß auf diese Weise mit derselben Kraft eine größere Last transportirt werden kann. Sie mögen also nur bei gewissen Lokalverhältnissen vorzuziehen sein. Vertheilt man nämlich die Ladung auf mehre besondere Schiffe, so können diese kleiner sein, nicht so tief tauchen, und daher vortheilhafter construirt sein. Eben so kann man sie laden, während das Bugsirschiff andere Schiffe zieht u. s. w.

Die Dampffähren haben gewöhnlich einen abweichenden Bau. Sie bestehen in der Regel aus zwei an einander gekuppelten Schiffen, zwischen welchen ein einziges Ruderrad befindlich ist, und die ganze Breite des Verdecks beträgt dann fast die Hälfte der Länge. Da die Fahrt dieser Schiffe meist sehr kurz ist, so müssen Vorrichtungen vorhanden sein, um ihre Bewegung leicht und schnell hemmen zu können, welches fast allgemein dadurch geschieht, daß man den Rädern eine umgekehrte Bewegung ertheilt.

Dampftauschiffe sind, unsers Wissens nach, bis jetzt nur auf der Rhone in Anwendung gekommen, und sind auch wohl nur auf sehr reißenden Flüssen zu empfehlen. Die Kraft einer Maschine, die ein am Ufer befestigtes Seil aufwindet, hat zwar unstreitig eine weit vortheilhaftere Wirkung, als wenn sie Ruderräder treibt, und ein Schiff würde sich auf diese Weise mit ungleich geringerer Kraft einen Fluß aufwärts ziehen; da das Zugseil aber von Station zu Station voraustransportirt werden muß, so ist dieß Verfahren ungemein lästig und langsam. *

Nach diesen allgemeinen Bemerkungen über die Dampfschiffe wenden wir uns nun zu der nähern Betrachtung der Maschinerie eines solchen.

Taf. XXII, Fig. 1 und 3 und Taf. XXIII, Fig. 2, sind der Grundriß und die Durchschnitte von dem engl. Marine-Dampfboot Phönix von 820 Tonnen Gehalt mit 2 Dampfmaschinen, von denen jede 110 Pferdekraft hat, und die von Maudslay in London erbaut sind. A A ist der Kiel des Schiffs, B B das Hauptgezimmer, und C C das obere Deck, welches jedoch in den Abbildungen, da wo die Maschine und der Kessel vorhanden sind, weggelassen worden ist. Vier Balken von großer Stärke, D D D D, dehnen sich der ganzen Länge des Schiffes nach aus, und tragen die Maschinen und die Kessel. Die Stärke dieser Balken ist von Wichtigkeit, um die von den Maschinen hervorgebrachten Erschütterungen über eine möglichst große Oberfläche zu verbreiten. Auf dem Phönix stehen die Maschinen mit ihren Cylindern nach dem Vordertheil des Schiffes zu. Auf dem später erbauten Dampfschiff Medea ist dies anders, die Maschinen stehen weiter nach dem Stern des Schiffes, vor den Kesseln. Dadurch kommt die Ruderradwelle mehr vorwärts zu liegen, welches für vortheilhaft erachtet wird. F F sind die vier Kessel, die auf solche Weise neben einander stehen, daß jede beliebige Zahl derselben benutzt werden kann. Es werden höchstens nur drei gebraucht, wenn das Maximum der Dampfmenge erforderlich ist; einer steht dann immer in Reserve, für den Fall, daß an irgend einem von den andern eine Reparatur vorfiele. Die Heizräume liegen gewöhnlich, wie auch bei a a, Fig. 1, an dem vordern Theil der Kessel. Bei einigen englischen Dampfschiffen liegen sie hinten, oder die Kessel sind vielmehr umgekehrt, um die Heizräume so nahe als möglich den Kohlenkammern G G G zu bringen und den Transport der Steinkohlen nach dem Vordertheil des Kessels zu vermeiden. Jedoch ist eine solche Einrichtung nicht dem Zweck entsprechend gefunden worden, da wegen der engen Lage der erforderliche Luftzutritt fehlt. Bei einigen Dampfschiffen werden zwei Kessel vorn und zwei hinten gefeuert;

* Eine genauere Beschreibung dieser Schiffe findet man in dem unten näher citirten Werke von Tourasse und Mellet.

allein die zweckmäßigste Einrichtung ist die, wenn die Feuerung vorn erfolgt.

Die Construction der Kessel ist bei Schiffen und Maschinen von verschiedenen Dimensionen verschieden; zuweilen, wie z. B. auf unsern Abbildungen, sind sie quadratisch, zuweilen haben sie die Gestalt des Schiffes, oder sie sind cylindrisch. Das Feuer circulirt durch Züge, die mehrmals von einem Ende des Kessels zu dem andern gehen, so daß so viel Wärme, als nur möglich, abgesetzt wird, ehe die Flamme und der Rauch in die Esse HH gelangen. Der mit I bezeichnete Theil ist ein Dampfbehälter, von welchem aus der Dampf, mittelst der Dampfleitung SS dem Cylinder zugeführt wird. KK ist die Röhre, durch welche der aus dem Sicherheitsventil entweichende Dampf abzieht.

Die Maschine bedarf nur einer kurzen Beschreibung, da sie von den gewöhnlichen Maschinen von niederm Druck nur in der Anordnung der Theile verschieden ist. Jede Maschine hat zwei Balanciers, bb, die unter dem Cylinder liegen, an jeder Seite einen, die durch Seitenstangen mit einer Querstange an der Kolbenstange verbunden sind. Die parallele Bewegung wird durch horizontale Stangen cc bewirkt, deren eines Ende durch ein Gelenk mit den Seitenstangen der Balanciers, und deren anderes mit einer kleinen Kurbel verbunden ist, die durch ihre Drehung die Abweichung von der geraden Linie gestattet und die parallele Bewegung erhält. Die andern Enden der beiden Balanciers einer Maschine sind durch eine Querstange vereinigt, mit der die Kurbelstange in Verbindung steht. Die Kurbel der Schiffsmaschinen ist gewöhnlich von der bei den auf dem Lande benutzten etwas verschieden, indem sie durch die Stöße, welche plötzliche Wellen gegen die Ruderräder verursachen, leicht zerbrechen könnten, wenn sie mittelst eines, durch beide gehenden Nagels verbunden wären. Es ist daher ein Zwischenstück, in England Triebgelenk (driving link) genannt, angebracht, bei e, Fig. 2, dargestellt, welches nicht allein die Kurbel sichert, sondern auch den Stoß von der Maschine abhält. Zuweilen wird auch Ziehgelenk (drag link) angewendet, welches von dem obigen blos dadurch abweicht, daß es an der entgegengesetzten Seite der Maschinenkurbel angebracht ist, so daß es die andere nach sich zieht, statt sie schiebt. Die Luftpumpe ist bei f angebracht; sie wird durch eine Querstange und durch mit den Balanciers verbundene Seitenstangen in Betrieb gesetzt. d ist das Schieberventil, welches seine Bewegung von der excentrischen Scheibe g, an der Kurbelwelle erlangt. h ist der Condensator und k ein cylindrisches Gefäß, welches den Warmwasserkasten bildet; seine Höhe ist deshalb erforderlich, daß durch die Bewegung des Schiffes das Wasser nicht verschüttet wird. Um Undeutlichkeiten in den Abbildungen zu vermeiden, sind zwei Theile der Maschine weggelassen worden, die wir jedoch erwähnen müssen, nämlich die Pumpe, welche den Kessel mit Wasser speißt, und die Bodenpumpe (bilge pump). Sie sind zu beiden Seiten der Querstange der Luftpumpe angebracht, so daß ihre Kolbenstangen durch einen vorspringenden Theil derselben gehen und, wenn es erforderlich ist, durch eine Schraube in der Querstange in Betrieb gesetzt werden können.

PPP, sind die beiden Ruderräder; jedes derselben hat zwei Zapfenlager, eins in den Wänden des Schiffes und

das andere in dem Gehäuse der Räder. lll sind kleine, gußeiserne, mit der Welle verbundene Scheiben mit Zapfenlöchern, zur Aufnahme der schmiedeeisernen Arme mmm u. s. w. Diese Arme sind ferner durch die platten schmiedeeisernen Reifen gesichert, die an ihren Enden festgeschroben sind, und bei den größern Rädern dieser Art, wie die abgebildeten, geht ungefähr um zwei Drittel ihrer Länge ein zweiter Reif zu noch größerer Sicherheit. Die Arme gehen gewöhnlich als Radien von dem Mittelpunkte aus; bei einigen neuerlich von Herrn Maudslay construirten Rädern ist dieß aber nicht der Fall, indem die Arme von Punkten, die etwas von dem Mittelpunkt entfernt sind, ausgehen. Es ist dies in der Absicht geschehen, den Winkel zu vermindern, unter welchem sie ins Wasser treten, um die Stöße von der Maschine abzuhalten, welche erfolgen, wenn die Schaufeln das Wasser unter einem zu stumpfen Winkel treffen. Die Schaufeln bestehen aus ungefähr zwei Zoll starken Brettern, welche durch Schraubenbolzen mit den Armen verbunden sind. Das eine Ende der Bolzen ist mit einem Haken versehen, der über den schmiedeeisernen Arm greift; das andere Ende geht durch das Rad und hat zwei Muttern, eine über der andern, welches deshalb nöthig ist, weil die Schaufeln wegen der steten Erschütterungen und Stöße sonst sehr leicht lose werden würden.

Seit einigen Jahren ist bei den Dampfschiffen der englischen Admiralität ein Ruderrad in Anwendung gekommen, welches Morgan's Rad genannt wird. Der Zweck, den man damit erreichen will, ist der, die Schaufeln zu veranlassen, daß sie das Wasser in einer fast senkrechten Richtung, statt unter einem Winkel treffen. Man vermeidet dadurch die nachtheiligen Stöße, welche die Maschine durch die Schaufeln der gewöhnlichen Räder erhält, besonders wenn jene etwas tief im Wasser gehen. Auch erlangt man durch diese Räder eine schnellere Bewegung des Schiffes. Eine Schaufel, die stets senkrecht wirkt, ist lange als ein Bedürfniß angesehen und es sind in dieser Beziehung zahlreiche Erfindungen gemacht worden, die jedoch im Allgemeinen so verwickelt und mit so großer Friction und Zerbrechlichkeit begleitet waren, daß sie keine allgemeine praktische Anwendung gestatteten. Morgan's Räder sind unstreitig die einfachsten dieser Art und dennoch erfordern sie sehr häufige Reparaturen, welches ihren Werth wesentlich vermindert.

Wir sehen dieses Ruderrad in Fig. 4, auf Taf. XXIII. Das Eigenthümliche besteht darin, daß sich das Rad, welches die Schaufeln trägt, um einen Mittelpunkt dreht, und die Halbmesserarme, welche die Schaufeln bewegen, sich um einen andern drehen. Es sei ABCDEFGHI der polygonische Umfang des Schaufelrades, der aus geraden Stangen besteht, welche mit den Endpunkten der Speichen des Rades verbunden sind. Das Rad dreht sich um die von der Maschine bewegte Axe und sein Mittelpunkt ist bei O. In sofern gleicht dieses Rad dem gewöhnlichen Ruderrade; aber die Schaufeln sind nicht, wie bei diesem, bei ABC u. s. w. befestigt, um sich immer nach dem Mittelpunkte O zu richten, sondern so gestellt, daß sie sich um Axen drehen, die stets horizontal sind, und sie können daher in jedem beliebigen Winkel gegen das Wasser gestellt werden. Von den Mittelpunkten, um welche diese Schaufeln

sich drehen, gehen kurze Arme, K aus die an die Schaufeln unter einem Winkel von ungefähr 120° befestigt sind. Eine diesem Arme gegebene Bewegung wird daher der Schaufel eine übereinstimmende Winkelbewegung mittheilen, so daß sie sich um ihre Axe dreht. An den Endpunkten der Arme K befindet sich ein Zapfen, an welchen die Enden der Halbmesserarme L befestigt sind, so daß der Winkel zwischen jedem Arme L und dem kurzen Schaufelarm K durch jede, dem Arme L mitgetheilte Bewegung verändert werden kann. Die Arme L sind am andern Ende mit dem Centrum P verbunden, um welches sie sich drehen können. Da nun die Punkte ABC u. s. w. die Zapfen, um welche die Schaufeln sich drehen, im Umfange eines Kreises bewegt werden, dessen Mittelpunkt O ist, so sind sie stets in gleicher Entfernung von diesem Punkte und werden daher beständig ihre Entfernung von dem andern Centrum P verändern. Kommt nun eine Schaufel in ihrer Umdrehung zu dem Punkte, wo das Centrum P genau zwischen ihr und dem Centrum O liegt, so ist ihre Entfernung von P geringer als in jeder andern Stellung. Verläßt sie diesen Punkt, so wird die Entfernung von dem Centrum P allmählig größer, bis sie in ihrer Umdrehung auf den entgegengesetzten Punkt kommt, wo das Centrum O zwischen ihr und P ist, und dann ist ihre Entfernung von P am größten. Diese beständige Veränderung der Entfernung zwischen jeder Schaufel und dem Mittelpunkte P stimmt überein mit der Veränderung des Winkels zwischen dem Arme L und dem kurzen Schaufelarme K; wenn die Schaufel sich dem Mittelpunkte P nähert, so vermindert sich der Winkel allmählig, und wenn die Entfernung der Schaufel von P zunimmt, so wird auch der Winkel größer. Diese Veränderung der Größe des Winkels, welche sich nach der wechselnden Stellung der Schaufel gegen das Centrum P richtet, sehen wir in der Figur. Die Schaufel D ist P am nächsten, und wir sehen, daß der Winkel zwischen L und K sehr spitz ist. Bei E wird der Winkel zwischen L und K größer, ist aber noch immer ein spitzer; bei F wird er zu einem rechten Winkel, bei G wird er stumpf, und bei K, wo er am weitesten vom Centrum P entfernt ist, wird er sehr stumpf. Er vermindert sich wieder bei I und wird zwischen A und B ein rechter Winkel. Diese beständige Veränderung der Richtung des kurzen Arms K ist nothwendig von einer gleichmäßigen Veränderung in der Stellung der mit ihm verbundenen Schaufel begleitet, und dem zweiten Centrum P kann eine solche Stellung gegeben werden, daß die Schaufel, wenn sie in das Wasser eintritt und aus demselben wieder hervortaucht, zur Forttreibung des Schiffes am vortheilhaftesten wirkt und daher jener Schwingung nicht sehr ausgesetzt ist, die hauptsächlich daraus entsteht, daß das Wasser durch die schräge Wirkung der Schaufeln abwechselnd gedrückt und gehoben wird.

Maudslay's schwingende Maschine. — Unter den neuern Vervollkommnungen der Dampfböte, muß auch die Anwendung von Maudslay's schwingenden Maschinen, von denen wir schon weiter oben im Allgemeinen redeten, erwähnt werden, indem dadurch Gewicht, Platz und Kosten erspart worden sind, da eine solche Maschine weit weniger Platz einnimmt, als eine gewöhnliche mit Balanciers, aus wenigern Theilen besteht und daher auch leichter und wohlfeiler ist.

Fig. 5, Taf. XXIII, ist ein Aufriß von Maudslay's schwingender Dampfmaschine, welche von den frühern dieser Art nur darin verschieden ist, daß man bei ihr ein Schiebventil angewendet hat. AAA ist ein starkes gußeisernes Gerüst, welches in dem Zapfenlager bei B, die hohlen cylindrischen Zapfen und oben die Welle der Maschine trägt. CCC ist der Cylinder, welcher bei DD von einem hohlen Gürtel umgeben ist. Das eine Ende desselben steht mit dem entgegengesetzten hohlen Zapfen der Maschine und mit dem obern und untern Ende des Cylinders durch flache Röhren, FF, in Verbindung. Das Schieberventil, CC, ist zwischen diese Röhren an den Cylinder festgeschroben. Auf demselben sind zwei Leisten, aa, bb, angebracht, die als Leitungen für die Stangen dienen, welche den Schieber bewegen. Der mit cc bezeichnete Theil des Schiebventilgehäuses ist kleiner, um zu der Liederung des untern Ventils gelangen zu können, welches dadurch geschieht, daß man den Rand dd aufschraubt und losmacht. Die Art und Weise, wie das Schieberventil mittelst der excentrischen Scheibe bewegt wird, ist aus der Abbildung deutlich und bedarf daher keiner weitern Beschreibung. Die innere Einrichtung des Ventils und des Cylinders gleicht andern ähnlichen Dampfmaschinen und kann daher ebenfalls übergangen werden. Die Wirkung der Maschine ist folgende: Bei dem Niedergange des Kolbens dringen die Dämpfe durch den hohlen Zapfen H und das Schieberventil über denselben, während der Raum darunter mittelst des hohlen Gürtels und der flachen Röhre dem Condensator geöffnet ist. Gelangt der Kolben an das untere Ende des Hubes, so treten gerade die umgekehrten Verhältnisse ein.

Wenn doppelte Maschinen angewendet werden, wie es bei Dampfschiffen gewöhnlich der Fall ist, so stehen die Luftpumpe und der Condensator zwischen den beiden Cylindern und werden durch die Kurbelwelle bewegt, welche die beiden Maschinen verbindet.

Mehre Maschinen der beschriebenen Art sind auf kleinern Dampfschiffen angebracht und entsprechen dem Zweck vollkommen; bei größern Schiffen sind sie aber nicht anwendbar.

Herr Galy Cazalat macht in seinem trefflichen Werke über die Dampfschiffe mehre Vorschläge zu Verbesserungen, sowohl der Kessel als der Maschinen. Der Kessel besteht aus mehren Röhren und flachen Räumen, in denen das Wasser durch mehre umgebende Züge sehr stark und schnell verdampft wird und bei dem besonders eine große Sicherheit berücksichtigt ist, zumal er Dämpfe von hohem Druck erzeugt. Jedoch würde es uns hier zu weit führen, ihn speziell zu beschreiben, und verweisen daher unsere Leser auf das Werk selbst (S. 147 ꝛc.) und auf das polytechnische Centralblatt, 1837, Nr. 45, in welchem die Beschreibung und Abbildung dieses gewiß trefflichen und sehr interessanten Apparates auch aufgenommen worden ist. — Auch eine andere Einrichtung der Maschine schlägt Hr. Galy Cazalat vor; die Cylinder derselben sollen horizontal liegen, weshalb sie ohne Nachtheil möglichst lang sein und die Hochdruckdämpfe mit Expansion wirken können. Die Kolbenstangen gehen zu beiden Seiten durch Stopfbüchsen und bewegen zu beiden Seiten gekröpfte Wellen, an denen vier Ruderräder sitzen. Jedoch müssen wir auch wegen der Maschine auf das Werk selbst verweisen.

Eine der größten Schwierigkeiten bei der Anwendung der Dampfmaschine auf die Schiffahrt entsteht aus der Nothwendigkeit, den Kessel mit Meerwasser speisen zu müssen, welches eine Menge Salz- und erdige Theile absetzt. Wir redeten schon weiter oben bei der Beschreibung der Dampfkessel von den Mitteln zur Verhütung dieser Niederschläge, die aber oft wenig oder gar nicht wirksam sind. Man sann daher auf Mittel, den Dampf ohne Einspritzung zu condensiren, und der Engländer Sam. Hall schlug einen Condensator vor, den schon Watt 1776 im Allgemeinen kannte, aber nicht ausführte, den aber der Mechaniker Freund in Berlin, wie schon bemerkt, bei einer Menge von Maschinen, jedoch in etwas verschiedener Form, angewendet hat. Hall's Condensator besteht aus vielen engen Röhren, die in einem Behälter mit kaltem Wasser befindlich sind. Kommt der Dampf aus dem Cylinder, nachdem er den Kolben getrieben hat, so tritt er in diese Röhren, deren kalte Oberfläche ihn sogleich verdichtet. Er fließt als Wasser in die Röhren nieder, wird durch die Luftpumpe gehoben, und auf die gewöhnliche Weise einem Behälter zugeführt, der den Kessel speißt. Die Condensatorröhren haben eine senkrechte Stellung, und der Dampf strömt aus dem Cylinder in den obern Theil des Condensators, der ein niedriger flacher Behälter ist, in dessen Boden die obern Enden der Röhren eingelassen sind. Unten endigen sie in einem ähnlichen Behältniß, in welchem das Wasser aufgefangen wird.

Es liegt am Tage, daß man auf dem Meere stets einen unbeschränkten Zufluß von kaltem Wasser erlangen kann, so daß durch die Röhren eine möglichst vollkommene Condensation erlangt werden kann. Das durch dieselbe erhaltene Wasser ist rein, so daß der Kessel gar keine Stoffe erhält, die sich niederschlagen, oder eine Rinde ansetzen und nachtheilig auf ihn wirken. Die geringe Menge von Wasser, die durch Lecke verloren geht, wird in Hall's Maschine durch eine einfache Vorrichtung ersetzt, in welcher eine hinlängliche Menge von Seewasser destillirt werden kann. Auf diese Weise wird an Feuermaterial erspart, die Kessel leiden weniger, indem sie gegen die zerstörenden Einwirkungen der Niederschläge geschützt sind, und die Kraft der Maschine wird verstärkt. Es sind in England eine Menge von Dampfschiffen entweder mit Maschinen nach Hall's Grundsätzen, oder die ältern mit seinem Condensator versehen, und ihre Leistungen sind sehr zufriedenstellend. Es wird in dem Condensator ein, zu allen praktischen Zwecken vollkommen hinreichender luftleerer Raum erzeugt, in dem die Barometerprobe 29, 29½, ja selbst 30 engl. Zoll angiebt. — Das durch das Sicherheitsventil, beim Anhalten des Fahrzeugs oder bei einer geringern Arbeit der Maschine, als Dampf entweichende Wasser, wird durch eine mit jenem Ventil in Verbindung gebrachte Röhre wieder dem Condensator zugeführt, damit auf diese Weise die Speisewasser nicht vermindert werden. — Wegen mancher andern neuen Verbesserungen bei der Dampfschiffahrt, welche jedoch noch nicht hinlänglich durch die Praxis erprobt sind, müssen wir auf Dingler's Journal und auf das polyt. Centralblatt verweisen. — Ueber die Einrichtung der Dampfschiffe selbst konnten hier nur allgemeine Bemerkungen gemacht werden, da der Plan des Werks es nur gestattete, von den dieselben in Bewegung setzenden Dampfmaschinen zu reden.

Es bleibt uns nun noch übrig, von einer Anwendung des Dampfes, nämlich von der zur

Heizung

zu reden. Es werden dabei die zu erheitzenden Flächen mit Wasserdampf erwärmt. Zu dem Ende wird in einem gewöhnlichen Dampfkessel eine hinreichende Menge Dampf entwickelt, welcher sich in die von dem Kessel auslaufende Röhre verbreitet, von welcher aus er in Röhren oder verschieden gestalteten Gefäßen in die zu beheitzenden Zimmerräume geleitet wird. Die bewegende Kraft, welche den Dampf in den Röhren auf unbestimmte Entfernung hin forttreibt, ist die in dem Kessel statt findende Spannung oder Elasticität, welche dem Dampfe vermöge seiner Temperatur eigenthümlich ist. In den Röhren oder Behältern, welche mit der zu erwärmenden Luft umgeben sind, condensirt sich der Wasserdampf, indem er die Wärme, die ihm die Dampfgestalt verschaffte, an die kühlern Wände der Röhren oder Behälter absetzt, und in Wasser von 80° R. übergeht, das aus den Röhren wieder in den Kessel zur neuen Verdampfung zurückgeführt wird. Ein Pfund Dampf von 80° R. enthält so viel Wärme, als hinreichend wäre, die Temperatur von 1 Pfund Wasser von 0° um 520° zu erhöhen; wenn also der Dampf sich zu Wasser von 80° R. condensirt, so giebt er 440° Wärme an die abzukühlende Fläche ab. Man hat ferner durch die Erfahrung gefunden, daß 1 Kubikfuß von dem Kessel mehr als 2000 Kubikfuß Raum in einer Fabrik bis auf 19° R. erheitzen und in dieser Temperatur erhalten kann. Rechnet man nun 25 Kubikfuß Wasser in einem gewöhnlichen Watt'schen Kessel gleich einer Pferdekraft, so würden die Dämpfe von jener Quantität 50000 Kubikfuß Raum zu erwärmen im Stande sein. Man hat ferner gefunden, daß ein Quadratfuß Oberfläche von einer gußeisernen Röhre 200 Kubikfuß Luft erwärmt.

Die Heizröhren werden entweder horizontal, mit einiger Senkung wegen des Ablaufs des Wassers in der Richtung, nach welcher sich der Dampf bewegt, oder senkrecht angebracht. Die horizontalen Röhren erwärmen etwas besser, als die senkrechten, schon darum, weil sich ihre Heizfläche mehr im untern Zimmerraum befindet. Sonst ist es vorzuziehen, Heizcylinder in der Form von Oefen oder kurzen Säulen anzuwenden. In den durch zwei verbundene concentrische Cylinder gebildeten Zwischenraum wird mittelst einer Zuleitungsröhre, die von der Hauptleitungsröhre abgeht, der Dampf eingeleitet, und eine zweite, am Boden befindliche Röhre leitet das Condensirungswasser in die zu dessen Zurückführung bestimmte Röhre ab. Diesen Behältern kann übrigens jede beliebige Form gegeben werden. Die zu leitende Seitenröhre wird mit einem Hahn versehen, so daß man beliebig jeden einzelnen Heizapparat eines Zimmers von der allgemeinen Dampfleitung absperren kann. Die Röhren müssen frei aufgehängt sein, und müssen sich unter den Veränderungen der Temperatur ausdehnen und zusammenziehen können; daher es am besten ist, daß ihr eines Ende mit einer schwanenhalsartig gebogenen Röhre von Kupfer- oder Eisenblech verbunden ist.

Bei der Anlage der Leitungsröhren ist vorzüglich darauf zu sehen, 1) daß die horizontalen nach der Richtung, in welcher der Dampf in denselben fortgeht, so viel Nei-

gung erhalten (etwa $^1/_{100}$ der Länge), daß das Condensirungswasser in denselben in der Richtung, in welcher der Dampf strömt, sich fortbewegen kann. Fließt das Wasser gegen die Richtung des Dampfstromes zurück, so wird es von letzterm aufgehalten, zurückgeschoben, und eine schädliche Einengung veranlaßt. 2) Daß das Condensirungswasser daher jederzeit in eigenen Wasserröhren gegen den Kessel zurückgeführt werde; 3) daß in den horizontalen Dampfleitungsröhren abwärts gehende Biegungen oder Säcke vermieden werden, in denen sich das Wasser ansammeln und stehen bleiben kann, weil es dann die Dampfleitung sperrt oder wenigstens sehr hindert; 4) daß die Luft, welche durch den eindringenden Dampf aus der Stelle getrieben wird, am Ende der Röhre, mittelst eines, sich nach auswärts öffnenden Ventils, entweichen könne, weil sie sich sonst an den Enden der Röhren anhäuft, und hier dem Dampf den Eintritt verwehrt, so daß dieser Theil der Röhren ungeheizt bleibt. 5) Ebenso muß, wenn die Dampfentwickelung im Kessel aufhört, folglich durch die Condensation des Dampfes in den Röhren ein luftleerer Raum entsteht, die Luft an den Enden derselben, mittelst eines sich nach einwärts öffnenden Ventiles, einströmen können, um diesen Raum auszufüllen, was besonders bei blechernen Röhren, die nicht stark genug sind, um dem äußern Luftdrucke zu widerstehen, nothwendig ist; bei gußeisernen Röhren aber, die nicht zusammengedrückt werden, unterlassen werden kann.

Die Kessel für den Dampfheizungsapparat werden entweder viereckig oder cylindrisch, mit den Sicherheitsventilen und Nachfüllungsapparaten, ganz nach der weiter oben angegebenen Einrichtung hergestellt. Der Druck des Dampfes im Kessel oder der Ueberschuß seiner Elasticität über den Druck der Atmosphäre, dient blos zur Beschleunigung des Dampfes in den Röhren, daher letztere den gehörigen Durchmesser haben müssen, damit zur Erlangung der gehörigen Geschwindigkeit für dieselbe Dampfmenge kein zu großer Druck erforderlich sei. Gewöhnlich giebt man den gußeisernen Dampfröhren, wenn sie zugleich Heizröhren sind, einen Durchmesser von 4 Zoll und eine Wanddicke von $^1/_2$ Zoll.

Die Figur 6, Tafel **XXIII**, stellt die Anlage einer Dampfheizung in einer Spinnerei vor, aus welcher die bei einer solchen Ausführung nöthigen Details näher eingesehen werden können. 1, 2, 3 und 4 sind die Stockwerke der Spinnerei; **D** ist der Dampfkessel mit seinem Sicherheitsventile und dem Füllungsapparate. Er liegt in dem besondern Gebäude **B** und der Rauch wird durch die Esse **G** abgeleitet. Der Dampf geht in die senkrechte Röhre **A**, mit welcher die vier horizontalen Röhren **S** in Verbindung stehn. Die Luft, welche diese Röhren enthielten, wird durch sich nach auswärts öffnende Ventile ausgetrieben. Durch dieselben Ventile kann auch etwas Dampf austreten, wenn der Andrang zu stark wird. Es ist jede einzelne Röhre mit einem Ventil versehen, damit einzelne derselben abgesperrt, oder außer Gebrauch gesetzt werden können, ohne daß eine Unterbrechung im Ganzen entsteht. Das durch Condensirung des Dampfes entstehende Wasser geht durch die dünne, senkrechte, und dann horizontale oder etwas abfallende Röhre **CC** in den Kessel zurück. Der Eintritt des Dampfes aus der senkrechten Röhre **A** in die horizontalen **S**, **S** rc. kann durch die am Anfang der letztern

angebrachten Drehklappen regulirt, oder auch ganz abgeschlossen werden. Es kann durch diese Klappen nicht nur die Temperatur jedes einzelnen Raumes nach der Menge des Dampfes, den man eintreten läßt, regulirt werden, sondern sie sind auch zur gleichmäßigen Vertheilung des Dampfes in die einzelnen horizontalen Röhren nothwendig, weil der Dampf in die Röhren der untern Stockwerke leichter und bei gleichen Oeffnungen in größerer Menge einströmt, als in die höher liegenden, daher die Oeffnung der Röhre mittelst der Drehung oder Stellung der Klappe um so mehr verengt werden muß, je tiefer die horizontale Dampfröhre liegt, damit der gleichmäßige Zufluß hergestellt werde. Die horizontalen Dampfröhren bestehen aus Gußeisen, haben Ränder oder Flantschen, zwischen welche in gekochtem Leinöl getränkte Papierringe gelegt, und welche zusammengeschroben werden. Die Hauptleitungsröhre **A** erhält einen etwas größern Durchmesser. Die senkrechte Wasserröhre **C** besteht am besten aus zusammengelöthetem Kupferblech, die horizontale aus Blei. **W.** ist ein Wasserbehälter, aus welchem das Gebäude mit Wasser versorgt werden kann.

Soll eine Reihe von Zimmern in demselben Stocke durch Dampf geheizt werden, so legt man die Hauptleitungsröhre horizontal (mit dem nöthigen Falle) längs derselben unter den Boden, und führt von derselben die Seitenröhren in die einzelnen Zimmer, in welchen am besten die oben erwähnten Heizöfen aufgestellt werden. Das Condensationswasser wird aus denselben durch eben soviel dünne Röhren in die gemeinschaftliche Wasserleitungsröhre zurückgeführt.

Die Wasserröhre zur Ableitung des Condensationswassers wird in denjenigen Fällen unnöthig, wo die Dampfröhre so geführt werden kann, daß sie mit stetem Falle wieder bis in die Nähe des Kessels zurückläuft, weil dann das Condensirungswasser immer in der Dampfröhre nach der Richtung der Dampfströmung sich fortbewegt, bis es durch die am Ende abwärts gebogene Röhre in den Kessel ausfließt. Es ist dieß z. B. bei der Heizung eines Gewächshauses der Fall. In einzelnen Fällen kann man die Dampfheizung auch so einrichten, daß die Erwärmung der Luft außerhalb des Zimmerraums geschieht. — Zuweilen geht auch die Dampfheizung von dem Dampfkessel aus, der zum Betriebe einer Maschine in derselben Fabrik dient, und da, wo Hochdruckmaschinen ohne Condensation in Anwendung stehn, erfolgt die Heizung durch den Dampf, nachdem er in dem Cylinder gewirkt hat.

Literatur der Dampfmaschinen. Eine Reihe von Werken und Abhandlungen über einzelne Gegenstände citirten wir schon im Verlaufe dieses Capitels; es bleibt uns nun noch übrig, einige vorzügliche allgemeine Werke zu nennen, die wir auch bei unserer Arbeit hier benutzten: Severin's Beiträge zur Kenntniß der Dampfmaschinen, im 1ten Theil der Abhandl. der königl. preuß. techn. Deputation für Gewerbe. Berlin 1826. Dieses vortreffliche Werk enthält außer einer allgemeinen Beschreibung aller bis dahin bekannten Arten von Dampfmaschinen, ausführliche durch gute Kupfertafeln gehörig erläuterte Monographien mehrer gut construirter Dampfmaschinen. — *Farey's* **Treatise on the steam-engine, historical, practical and descriptive.** London 1827. Ein zweiter Band dieses in praktischer Hinsicht wichtigen Werkes soll noch folgen. —

Tredgold, the Steam-engine, comprising an account of its Invention and progressive Improvement. 2. edit. London 1837. Von diesem vortrefflichen und sehr vollständigen Werke existirt eine sehr gute französische Bearbeitung vom Oberingenieur Mellet (2te Aufl. Paris 1837) und eine deutsche wird bei dem Verleger des vorliegenden Werkes erscheinen. — Eine vortreffliche Arbeit über die Dampfmaschine, für den Praktiker sehr wichtig, bilden die Artikel: Dampfkessel, Dampfleitung, Dampfmaschine und Dampfschiff von Herrn R. R. Prechtl, in seiner technol. Encyklopädie, Bd. III und IV. — Sehr viel praktisch wichtige und interessante Notizen findet man im Artikel Dampfmaschine im 2ten Bande des „Hauslexicons." — Verdam, die Grundsätze, nach welchen alle Arten von Dampfmaschinen zu erbauen sind. Aus dem Holländ. von Chr. Heinr. Schmidt. 4 Abtheilungen in 2 Bänden. Weimar 1835 bis 1837. Dieses Werk ist dem Praktiker sehr zu empfehlen. — Wer eine allgemeine Uebersicht von den Dampfmaschinen zu erhalten wünscht, findet sie am besten in den folgenden beiden Werken, in: Bernoulli's Handbuch der Dampfmaschinenlehre für Techniker und Freunde der Mechanik. Stuttgart 1833; und in: Lardner, die Dampfmaschine faßlich beschrieben und erläutert rc. Nach der 5. Aufl. aus dem Engl. Leipzig 1836.

Ueber Dampfschifffahrt: *Marestier*, Mémoire sur les bateaux à vapeur. Paris 1824 — *Tourasse et Mellet* Essais sur les bateaux à vapeur. Paris 1829. — Kufahl, theoretisch-praktische Abhandlung über die Dampfschifffahrt rc. Berlin 1833. — *Galy-Cazalat*, Mémoire théoretique et pratique sur les Bateaux à Vapeur etc. Paris 1837. Dieses Werk ist, wie schon im Verlauf dieses Capitels bemerkt wurde, von allgemeiner Wichtigkeit für die Dampfmaschinen.

Tredgold's Grundsätze der Dampfheizung und der damit verbundenen Lüftung aller Arten von Gebäuden. Aus dem Engl. von Kühn. 2te Aufl. nach der 3ten des Originals. Leipzig 1837. — Peclet über die Wärme rc. Aus d. Franz. von Hartmann. 2r Bd. S. 374 rc. Braunschweig 1831. — Prechtl's Artikel: Heitzung, in seiner technol. Encyklopädie. Bd. VII. S. 462 rc. — Alle neuen Erfindungen und Verbesserungen, welche die Dampfmaschinen betreffen, findet man in den beiden trefflichen technischen Zeitschriften, dem Dingler'schen Journal und dem polytechnischen Centralblatte.

Encyklopädisches Handbuch

des

Maschinen- und Fabrikenwesens

für

Kameralisten, Architekten, Künstler, Fabrikanten und Gewerbtreibende jeder Art;

nach den

besten deutschen, englischen und französischen Hülfsmitteln bearbeitet

von

Carl Hartmann,

der Philosophie Doktor, Herzoglich Braunschweigischem Bergcommissair, mehrer Gelehrten- und Gewerbsvereine Mitgliede rc.

Ersten Theiles zweite Abtheilung,

enthaltend die Beschreibung von Winden, Krahnen, Rammen, Pumpen, Feuerspritzen, Pressen, Buchdrucker-, Kupfer- und Steindruckpressen, Schneide- oder Sägemühlen, Tabak-, Loh-, Farbe- und Farbholzmühlen u. s. w.

Mit 19 lithographirten Tafeln.

Leipzig & Darmstadt.

Druck und Verlag von Carl Wilhelm Leske.

1838.

Inhalts-Anzeige.

Erster Theil. Maschinenwesen.

Zweite Abtheilung.

Von verschiedenen, im gemeinen Leben, so wie in dem Gewerbs- und Fabrikenwesen angewendeten Maschinen.

Seite

Erstes Capitel.

Zweites Capitel.

Drittes Capitel.

Viertes Capitel.

Seite

Fünftes Capitel.

Sechstes Capitel.

Siebentes Capitel.

Achtes Capitel.

Anhang.

Neuntes Capitel.

Erster Theil.

Maschinenwesen.

Zweite Abtheilung.

Von verschiedenen, im gemeinen Leben, so wie in dem Gewerbs- und Fabrikenwesen angewendeten Maschinen.

Erstes Capitel.

Von den Winden.

Man versteht unter einer Winde eine Maschine, welche zur Emporhebung bedeutender Lasten dient. Man hat mehre Arten von Winden, von denen wir die vorzüglichsten beschreiben werden.

Die am häufigsten angewendete Winde ist die Wagenwinde (Lifting jack, engl.), bei welcher entweder die Zahnstange mit Getriebe, oder die Schraube angewendet worden ist. Den Namen haben diese Winden daher, weil mit den einfachsten Arten derselben Lastwagen gehoben werden. Man findet mehre der besten Arten von Wagenwinden auf Taf. XXIV zusammengestellt. Fig. 4 ist ein Längendurchschnitt und eine Seitenansicht von der Winde mit Vorgelege (Hand jack, engl.), aus der die ganze Construction der Maschine sehr deutlich wird. Die Kraft wird hier durch die Verbindung von Getrieben mit der Zahnstange gewonnen, und sie ist proportional der Länge der Kurbel und dem Halbmesser des Getriebes. Die hier dargestellte Winde ist eine verbesserte Form derselben, indem sie mit einem Sperrkegel, a, versehen ist, welcher den Rückgang der gehobenen Last verhindert. Die Winde besteht aus einem ungefähr 2½ Fuß langen, 10 Zoll breitem und 6 Zoll starken Stück Holz, AA, welches der Länge nach mit einem quadratischen Raum versehen ist, in welchem sich die eiserne Zahnstange B bewegt. An ihrem obern Ende hat diese Zahnstange ein doppeltes Horn zur Hebung der Last, die aber auch, wenn sie eine niedrige Lage hat, auf den am untern Ende befindlichen Ansatz oder Haken, N, gelegt werden kann. In die Zahnstange greift ein Getriebe, C, dessen Welle zu beiden Seiten des Holzblocks von der Winde in eisernen Platten umläuft. Das eine Ende der Welle steht außerhalb der Winde vor, und hat einen viereckigen Angriff, an welchem eine Kurbel befestigt worden ist, durch deren Umdrehung die Zahnstange und mit ihr die Last steigt. Damit beide nicht zurückgehen können, ist die Einrichtung getroffen, daß die Kurbel durch einen Haken zurück gehalten werden kann. Wenn eine größere Kraft erforderlich ist, als das Getriebe und die Zahnstange auszuüben vermögen, so muß man eine Combination von Räderwerk anwenden, welches dieselbe Figur darstellt. Der Holzblock, AA, hat in diesem Falle eine Höhlung zur Aufnahme des Zahnrades F, welches mit dem Getriebe C an einer Welle befestigt ist. In das Rad F greift ein zweites Getriebe G, an dessen, außerhalb der Winde vorstehenden Welle die Kurbel H befestigt ist. Der Block AA, das Gehäuse der Winde, besteht aus zwei Hälften, und der Raum für das Rad und Getriebe und für die Zahnstange ist in der einen Hälfte ausgestemmt; die andere Hälfte ist darauf gelegt und nimmt die vordern Wellzapfen des Rades und des Getriebes auf. Die beiden Hälften sind durch starke eiserne

Ringe b b mit einander verbunden, und unten hat die Winde vier scharfe Spitzen oder Klauen, um fest auf den Boden oder gegen einen andern Stützpunkt gestellt werden zu können, wenn man eine Last emporwinden oder unterstützen will. Um den Rückgang der gezahnten Stange zu verhindern, und auf diese Weise Lasten fest zu halten und zu unterstützen, dient, wie schon bemerkt, der Sperrkegel a, welcher in einen Zahn der Zahnstange greift, der aber den Aufgang nicht hindert und auch zurückgeschlagen werden kann. An der einen Seite des Gehäuses ist ein langer Schlitz befindlich, aus welchem der Haken N hervorsteht. Dieser Haken wird an solchen Körpern befestigt, unter welche man die Wagenwinde nicht stellen kann, sei es nun, daß die Körper zu nahe am Boden liegen, oder, wie z. B. Pfähle, im Boden festsitzen. Sobald die Winde unter die zu hebenden Gegenstände angebracht werden kann, bringt man den obern Haken A unter dieselben.

Wir beschreiben nun einige Wagenwinden, bei denen statt der Zahnstange und eines Getriebes, eine Schraube angewendet worden ist, daher sie Schraubenwinden (Screw jacks, engl.) genannt werden.

Die erste Art ist in Fig. 5 in einem senkrechten Durchschnitt dargestellt worden; wir nennen sie die französische Winde. Das hölzerne Gehäuse A A ist fast auf seiner ganzen Länge so ausgebohrt, daß sich die Schraubenspindel B frei auf und nieder bewegen kann. Diese Spindel geht durch eine Mutter n, die an dem obern Ende des Gehäuses befestigt ist. Wird nun die Spindel herumgedreht, so muß sie durch die Mutter in die Höhe gehen und mit ihr muß sich die Klaue F und die Last heben. Diese Klaue ist in einem Halse um das obere Ende der Schraubenspindel beweglich, so daß diese ohne jene gedreht werden kann. Dasselbe ist mit der untern Klaue oder dem Haken N der Fall, der ebenfalls um einen Hals beweglich ist und der in einem Schlitz auf und nieder gehen kann. Am Boden der Winde, R, sind, wie bei der vorhergehenden, vier starke Spitzen, als Stützpunkte befindlich. Um die Schraubenspindel zu bewegen, ist die untere Hälfte derselben quadratisch und auf derselben ist ein Schraubenrad (worm wheel) c befestigt. In die Zähne desselben greift eine Schraube ohne Ende, die an der Welle der Kurbel H sitzt. Auf jeder Seite des Gehäuses sind, in der Mitte der Höhe desselben, eiserne Platten, a b, geschroben, welche die Zapfen von der Welle der Kurbel und der Schraube (die in Fig. 5 von dem Getriebe c verdeckt ist) aufnimmt. Wird nun die Kurbel umgedreht, so veranlaßt die Schraube ohne Ende eine Drehung des Getriebes c, und da das letztere auf dem quadratischen Theil der Spindel sitzt, so nöthigt es dieselbe, sich mit ihm zu drehen und auf und nieder zu gehen. Jedoch ist die Friction bei dieser Art von Schraubenwinde sehr bedeutend, weshalb die folgende Art,

die sogenannte englische Winde oder der englische Heber, die in Fig. 6 in einem senkrechten Durchschnitt und in Fig. 7 in einer Seitenansicht dargestellt ist, den Vorzug verdient. Sie ist eine der stärksten Schraubmaschinen, mittelst welcher man die größten Lasten, Gebäude, Dachstühle und dergl. heben kann. Sie besteht ebenfalls aus einer senkrechten Schraubenspindel B, die sich aber nicht herumdreht, sondern nur auf und nieder bewegt. Um dieß zu bewerkstelligen, hat das Schraubenrad c, Fig. 6,

in welches die Schraube ohne Ende greift, in seiner Mitte ein Schraubengewinde, durch welches die Spindel geht. Es wird daher die, am obern Ende des Gehäuses angebrachte Mutter umgedreht und nicht die Spindel selbst, weshalb die Klauen oder Haken derselben, F und N, sich nicht um dieselbe zu drehen brauchen. Die Welle der Schraube ohne Ende ruht mittelst ihrer Zapfen in den Platten a b; der eine Zapfen springt vor und hat einen quadratischen Angriff, an welchem die Kurbel H angebracht ist. Der Theil D von der Mutter ist eine Verlängerung des Schraubenrades c, wodurch die Schraubenmutter verstärkt wird.

Um eine solche Maschine zu berechnen, sei, nach Gerstner, K die Kraft an der Peripherie der Kurbel, P der Widerstand an der Schraube ohne Ende und W der Widerstand an den Gewinden der Schraubenspindel B; der Halbmesser der Kurbel = A, die Höhe eines Schraubenganges der Schraube ohne Ende = h, der Halbmesser des Getriebes = B, der Halbmesser der Schraubenspindel = h′, die Last endlich = Q; demnach erhalten wir:

$$K : P = h : \frac{22}{7} . 2A$$

$$P : W = b : B$$

$$W : Q = h' : \frac{22}{7} . 2b,$$

$$\text{folglich } K : Q = h . h' : \frac{22}{7} . 2A . \frac{22}{7} . 2B,$$

d. h. es verhält sich die Kraft zur Last, wie das Product aus den Höhen der zwei Schraubengewinde, zum Producte aus den zwei Peripherien des Rades und der Kurbel.

Es seien z. B. die Höhen der Schraubengänge $h = \frac{2}{3}$ Zoll und $h' = \frac{3}{2}$ Zoll, der Halbmesser der Kurbel A = 12 Zoll und des Rades oder Getriebes B = 8 Zoll, so verhält sich

$$K : Q = \frac{2}{3} . \frac{3}{2} : \frac{22}{7} . 2 . 12 . \frac{22}{7} . 2 . 8 = 1 : 3793,$$

d. h. die Last, welche gehoben werden kann, ist 3793 mal so groß als die angewandte Kraft. Diese außerordentliche Vermehrung der Kraft ist auch die Ursache, daß man den englischen Heber vorzüglich bei dem Heben sehr großer Lasten anwendet.

Eine andere Art der Winde ist die hydrostatische, welche aus einer kleinen hydrostatischen Presse besteht, und daher von sehr mächtiger Wirkung, aber nicht so einfach in ihrer Construction, als die oben beschriebenen Winden mit Zahnstange oder Schraube ist. Ihre Einrichtung weicht aber nur wenig von der einer hydrostatischen Presse ab, so daß wir auf deren Beschreibung, weiter unten im sechsten Capitel, verweisen und hier nur noch bemerken, daß das obere Ende des Kolbens, wie die gewöhnlichen Wagenwinden, mit einem Haken versehen ist. Die hydrostatischen Winden werden jedoch nicht häufig angewendet.

Wir gehen nun zu der Betrachtung einer andern Art von Winden über, die auch Haspel, im Engl. Crabs, genannt werden und, wie die Wagenwinden, ebenfalls transportirbar sind. Dergleichen Haspel, welche durch drei oder vier Menschen leicht zu bewegen sind, gebraucht

man häufig in Fabriken, in denen die zu verfertigenden Gegenstände eine bedeutende Schwere haben, auch jedesmal von einer Stelle zur andern bewegt werden müssen, wie es z. B. in solchen Werkstätten der Fall ist, wo Schmiede- und Gußeisen bearbeitet wird und wo nicht überall Krahne anzubringen sind.

Fig. 1, Taf. XXIV, giebt eine Ansicht von vorn und Fig. 2 eine Seitenansicht von solch einer Winde. Das Gestell besteht aus Gußeisen und ist mittelst schmiedeeiserner Stangen, Bolzen und Schrauben verbunden. An dem Orte, wo die Winde benutzt werden soll, werden auf die untern Stäbe Bretter gelegt und diese mit Steinen oder Gußeisenplatten hinreichend beschwert. In dem Gestell liegt auf einer schmiedeeisernen Welle die hölzerne Trommel a, und neben derselben ist auf derselben Welle das gußeiserne Stirnrad b angebracht. In dasselbe greift das Getriebe c, welches auf einer zweiten schmiedeeisernen Welle befestigt ist, an deren beiden Enden die Kurbeln d und d′ angebracht sind, mittelst deren die ganze Maschine in Bewegung gesetzt wird. Die hölzerne Welle hat gewöhnlich einen Durchmesser von 12 Zoll, das Stirnrad 58 oder 60 Zähne, der Drehling 8 Zähne und die Kurbel 18 Zoll im Halbmesser; es verhält sich sonach die Kraft zur Last wie 6 . 8 : 18 . 58 = 1 : 21 $^3/_4$; es wird daher mit Rücksicht auf die Reibung ein Arbeiter eine 20 mal größere Last, als seine angewandte Kraft beträgt, heben können.

Gewöhnlich geht das Seil von der Trommel über eine einzelne Scheibe oder Rolle; will man aber die Kraft vermehren, so bringt man mit der Winde einen Flaschenzug in Verbindung, wodurch freilich die Zeit des Emporsteigens der Last, so wie die Reibung und die Steifigkeit der Seile zunehmen. Da bei Flaschenzügen die Last weniger leicht ein Uebergewicht über die Kraft bekommt, so ist ihre Anwendung für kurz dauernde Wirkungen dieser Art häufig von Nutzen.

Eine andere Art von Winde ist in Fig. 3, Taf. XXIV, dargestellt; man nennt sie in England Power Capstan. AD ist eine verbundene Trommel, bestehend aus zwei Cylindern von verschiedenen Halbmessern, C und D. Das Seil DEC ist an dem Ende der Trommel D befestigt, und nachdem es über die Rolle E gegangen, welche mittelst des Hakens F an der Last hängt, wickelt es sich um die andere Trommel, an deren oberm Ende es befestigt worden ist. AB ist die Stange oder der Hebel, mittelst dessen die verbundene Trommel CD um ihre Welle gedreht wird, so daß sich das Seil um die Trommel D aufwickelt, während es von der Trommel C abgewickelt wird. Wir wollen nun annehmen, daß der Durchmesser des Theils D der Trommel 21, während der des Theils C nur 20 Zoll betrage und die Rolle irgend einen beliebigen Durchmesser habe. Nun ist es klar, daß, wenn die Trommel AD durch einen auf den Punkt B des Hebels ausgeübten Druck umgedreht wird, durch eine Umdrehung derselben 63 Zoll von dem Seil auf die Trommel D aufgewickelt, während 60 Zoll von der Trommel C sich abwickeln. Beide Zahlen drücken die Peripherien der Trommeln aus. Die Länge des aufgewickelten Seiles übersteigt die des abgewickelten um 3 Zoll, und die Hälfte davon oder 1 $^1/_2$ Zoll bezeichnen den Raum, durch welche sich die Last, welche an dem

Haken F hängt, bewegt, indem die Stange einen Umgang macht. Wendet man nun eine einfache Winde von denselben Dimensionen an, so wird die Länge des bei einem Umgange der Hebelstange um die Trommel gewickelten Seils 60 Zoll betragen, und der Raum, durch welchen die Last bewegt wird, 30 Zoll. Nun wissen wir, daß die Kraft irgend einer Maschine im Allgemeinen gleich der Geschwindigkeit der Kraft, dividirt durch die Geschwindigkeit der Last, ist, d. h. gleich der Geschwindigkeit des Punktes B, dividirt durch die Geschwindigkeit der Rolle E. Ist nun der Hebel in beiden Winden derselbe und der Durchmesser ihrer Trommeln gleich, so wird sich die Kraft der gewöhnlichen zu der Kraft der verbesserten Winde, wie 1 $^1/_2$ zu 30, d. h. umgekehrt wie die Geschwindigkeit ihrer Gewichte verhalten und die Kraft der letztern wird $= \frac{30}{1^1/_2} = 20$ sein. Will man die Kraft der Maschine noch verstärken, so muß man die Differenz zwischen dem Durchmesser der beiden Trommeln noch mehr vermindern.

Man kann die Vorrichtung bei jeder Winde oder bei jedem Krahn anbringen, wenn man den Trommeln eine horizontale Lage giebt, und statt des Hebels ein Rad mit Getriebe anwendet. Aus dem Gesagten geht hervor, daß man mit solch einer Vorrichtung eine sehr große Kraft auszuüben im Stande sein wird; sie hat auch noch den Vortheil, daß die zu hebende Last zu jeder Zeit aufgehalten werden kann, ohne daß man ein Sperrrad und einen Sperrkegel dazu nöthig hat, da sich beide Enden des Seiles in entgegengesetzter Richtung aufwickeln und das Uebergewicht am einen nicht im Stande ist, die Reibung des Seiles in der Rolle zu überwinden.

Man hat noch mehre andere Arten von Winden, jedoch würde es zu weit führen, diese hier noch zu beschreiben. Eine sehr kräftig wirkende Erdwinde, die bei Aufrichtung der Alexandersäule in St. Petersburg und beim Schloßbau zu Hannover angewendet wurde, und die eine eigenthümliche Construction hat, findet man beschrieben und abgebildet in den „Mittheilungen des hannöver'schen Gewerbvereins," 8. Liefer. S. 41 ꝛc.

In großen Fabriken, z. B. in Kanonengießereien, oder in Depots, ist es häufig nöthig, sehr schwere Lasten von einem Orte nach dem andern in horizontaler Richtung auf mehr oder minder bedeutende Entfernungen zu transportiren. Sie müssen für diesen Zweck erst gehoben, dann fortgeschafft, und endlich wieder an einem bestimmten Ort und in einer bestimmten Richtung nieder gelassen werden. Man bedient sich dazu des sogenannten Haspelwagens, der in einer gewissen Höhe auf eisernen Schienen läuft und mit einer Winde versehen ist, mittelst der die Emporhebung der Last bewerkstelligt wird. Man findet eine solche Vorrichtung, entlehnt aus der Kanonengießerei zu Lüttich, beschrieben und abgebildet in Verdam's Grundsätzen der angewandten Werkzeugswissenschaft und Mechanik ꝛc. Aus dem Holländischen von C. H. Schmidt. 2. Theiles 1. und 2. Abtheilung. S. 179 ꝛc. (Weimar 1835). Man kann jedoch den Haspelwagen eben so gut zu den Krahnen rechnen.

Zweites Capitel.

Von den Krahnen.

Krahne oder **Kraniche** (Cranes, engl., Grues, franz.) sind Maschinen, mittelst denen Lasten auf eine bestimmte Höhe aufgezogen werden, und wenn sie aufgezogen sind, auf einen andern Ort versetzt oder gelegt werden. Alle Maschinen dieser Art haben demnach eine doppelte Bewegung: 1) den eigentlichen Aufzug, und 2) die Verschiebung der Last, welche wieder nach dem Zwecke der Arbeit kreisförmig oder horizontal sein kann. Da bei einer jeden Maschine dieser Art ein hervorstehender langer Theil oder **Schnabel** vorhanden ist, so erklärt sich hierdurch, warum man sie mit dem Namen eines Kranichs belegt habe.

Der Gebrauch der Krahne ist sehr mannigfaltig. Zuvörderst werden sie vorzüglich in Seehäfen angewendet, um die Ladungen aus den Schiffen aufzuwinden, und dann mittelst der Bewegung der Maschine am Ufer abzusetzen. Dieß erfordert jedoch, daß die Ufer nicht sehr flach seien, weil sonst der Schnabel oder hervorstehende Theil zu lang und die Maschine zu schwer würde. Aus dieser Ursache sind in den Seehäfen und bei den Ladungsplätzen an Flüssen die Ufer (Quays) gewöhnlich durch Verkleidungen von Quadersteinen senkrecht aufgeführt, und oben auf diese Ufermauern die Krahne aufgestellt. So sieht man in den englischen Seehäfen eine beinahe zahllose Menge von Krahnen von der verschiedenartigsten Construction, von denen die neuern gänzlich aus Eisen bestehen. Allein auch in gut eingerichteten Waarenlagern, Niederlagen rc. dürfen Krahne nicht fehlen. Eben so sind sie in allen Fabriken, wo schwere Stücke gehandhabt werden müssen, namentlich in Gießereien und Maschinenfabriken, ferner bei großen Bauten, in Steinbrüchen u. s. w. unentbehrlich, und in England findet man sie auch überall, wogegen auf dem Festlande von Europa noch sehr häufig da Menschenhände gebraucht werden, wo sie durch Anwendung eines einfachen Krahns sehr vortheilhaft ersetzt werden könnten. So gebraucht man z. B. beim Brückenbau in Deutschland nur selten Krahne, sondern bedient sich zur Aufbringung der Quadersteine gewöhnlich der schiefen Ebene, indem man die Aufstellung eines Krahns für zu beschwerlich hält, da derselbe nur für den Umkreis, so weit nämlich sein Schnabel reicht, genügt, und dann immer wieder an einem andern Orte aufgestellt werden muß. Allein die Anlage einer schiefen Ebene erfordert immer einen bedeutenden Raum, der gerade bei einem Brückenbaue am wenigsten vorhanden ist, und der Gewinn, welcher aus dem Gebrauche eines Krahns, vorzüglich bei schweren Gegenständen, entsteht, ist gewiß weit größer, als der Verlust, welcher durch beschwerliche und unzweckmäßige Verwendung menschlicher Kräfte bei Handhabung so großer Massen nothwendig eintritt. Endlich kann man auch, wie wir sehen werden, transportable Krahne zu solchem Zwecke verwenden, und auf diese Art die oftmalige neue Aufstellung der feststehenden größtentheils vermeiden.

Die meisten eigentlichen Krahne bestehen aus einer Verbindung mehrer Räder. Die Haupttheile derselben sind ein Ständer, Spindel oder senkrecht stehender Cylinder, welcher oben und unten in eisernen Pfannen ruht oder auch blos an seinem untern Theil in der senkrechten Lage erhalten wird. Mit dem obern Theil dieses Ständers ist ein horizontaler Balken, der Schnabel, verbunden, welcher der Festigkeit wegen mit einer oder mehren Streben unterstützt ist. Am Ende des Schnabels ist eine Rolle angebracht, worüber das Seil oder die Kette, an der die Last hängt, geht und sich sodann um eine Welle wickelt, die bei kleinen Lasten unmittelbar mit einer Kurbel bewegt wird, bei großen Lasten aber mit einem einfachen oder doppelten Vorgelege versehen ist.

Wir beschreiben hier nun zuvörderst mit Hülfe der Figuren 8 bis 13, Taf. XXIV, einen Krahn, so wie er gewöhnlich in Fabriken, hauptsächlich in Eisengießereien, angewendet wird. Es ist in solchen Anstalten nicht allein eine Hebung und Bewegung der Lasten in dem Kreise, welchen der Krahn um seinen Standpunkt beschreibt, erforderlich; sondern häufig muß eine Last, die z. B. 10 Fuß weit von der Krahnsäule gehoben ist, auch um mehr oder weniger Fuß von derselben verrückt werden, wozu eine eigenthümliche Vorrichtung erforderlich ist, die wir hier auch beschreiben wollen.

Der Krahn besteht aus der senkrechten, dauerhaften Krahnsäule, AB, Fig. 8 und 12, welche sich auf dem Boden bei A mit einem eisernen Zapfen in einer metallenen Pfanne dreht, und oben bei B in einem Lager oder Kragen, welcher mit einem Balken der Decke in Verbindung steht. Der Krahnbalken CD ist hier horizontal in zweckmäßiger Höhe in die Krahnsäule eingesetzt, und durch eine starke Strebe EF unterstützt. Diese Strebe ist mit dem Ständer und Balken nicht durch Zapfen, sondern durch gußeiserne Schuhe, welche an jene angeschraubt sind und in welche die Strebe tritt, verbunden. Die Verbindung des Balkens und Ständers ist bei dem Zapfen D noch durch Schraubenbolzen und eiserne Platten verstärkt. Häufig besteht das Säulenwerk der Krahne, besonders in Eisengießereien, aus Gußeisen, und es ist ganz klar, daß ein solcher gußeiserner Krahn weit dauerhafter, als ein hölzerner ist. Er besteht ebenfalls aus drei Stücken, aus dem Ständer, dem Balken und der Strebe, welche Theile durch Zapfen und Schrauben mit einander verbunden sind.

Vorn am Krahnbalken hängen die Blöcke H und G des Flaschenzuges mit ihren Rollen; das Seil oder die Kette (denn in Gießereien sind diese vorzuziehen, weil jene zu leicht verbrennen) läuft über die Trommelwelle I. Je nachdem nun die Lasten weniger oder mehr schwer sind, braucht man zur Umdrehung der Trommel ein einziges Rad K und Getriebe L, an dessen Welle die Kurbel sitzt, d. h. ein einfaches Vorgelege, wie in der Fig. 8, oder ein doppeltes. Bei diesem greift das erste Getriebe, an dessen Welle gewöhnlich zwei Kurbeln sitzen (auf jeder Seite des Krahns eine) in das erste Stirnrad, an dessen Welle an der entgegengesetzten Seite ein zweites Getriebe sitzt, welches in ein zweites Stirnrad greift, auf dessen Welle die Trommel befestigt ist.

Zuweilen macht man auch einen solchen Krahn doppelt, d. h. man bringt an der hintern Seite ebenfalls einen Haspel mit Räderwerk und einen Krahnbalken an, um an beiden Seiten zugleich heben zu können. Die Umdrehung des Krahns um seine Zapfen muß mit der Hand bewerkstelligt werden.

Die Getrieb- und Kurbelwelle liegt hinter der Krahnsäule in den beiden Zapfenlagern e und f, Fig. 12, und hat in der Mitte ein breites Sperrrad N, in dessen Zähne der Sperrkegel O, der an der Krahnsäule befestigt ist, eingreift, wenn die Last gehörig hoch gehoben ist und fest gehalten werden muß, um den Krahn umzudrehen. Da der Druck der Kraft auf die Kurbeln im Verhältniß zum Gewicht der Last sehr gering ist, so kann letztere auch wohl durch ein Sperrrad auf der Kurbelspindel festgehalten werden; denn auf dieser Spindel erfährt das Sperrrad den wenigsten Druck.

Eine kleine, in Fig. 13 dargestellte Bremse v, welche an der Krahnsäule um ein Charnier beweglich ist, legt sich mit dem halbcylindrischen Ausschnitt um die runde Kurbelspindel. Sie dient dazu, die Bewegung der Last während des Niederganges zu mäßigen und zu verhindern, daß dieselbe nicht über die Kraft die Oberhand gewinne. Man muß zu diesem Zweck die Bremse nur stark gegen die Krahnstange andrücken, denn die daraus entstehende Reibung gibt der Last hinlänglichen Widerstand, so daß sie nicht zu schnell niedergeht.

Wir wenden uns nun zu der Beschreibung der Vorrichtung, mittelst welcher die gehobene Last rückwärts oder vorwärts auf dem Krahnbalken CD bewegt werden kann. Derselbe ist auf einen Theil seiner Länge, bis an die Strebe EF, mit einem Schlitz versehen, in welchem der feste Block H ungehindert hin und her bewegt werden kann. Dieser steht mit einer Zahnstange W, Fig. 8, 9, 10, in Verbindung, die über zwei Lager a und b, Fig. 10 (welche Figur ein Durchschnitt des Krahnbalkens ist) geht und in dem genannten Schlitz vorwärts und rückwärts geschoben werden kann. Sie läuft an der Seite von C über metallene Nüsse (halb vorragende cylindrische Stangen) und an der Seite von E, wo der Schlitz nicht gänzlich durchgeht, über metallene Rollen. Kann man nun diese gezahnte Stange bewegen, so ist es mit der an Z hängenden Last auch der Fall, und auf diese Weise erlangt man also mittelst des Krahns nicht allein eine Seitenbewegung der zu hebenden Lasten, in dem Kreise, welchen derselbe um die Zapfen seines Ständers beschreibt, sondern man bewirkt auch eine Bewegung in dem Halbmesser dieses Kreises.

Die Bewegung der Zahnstange geschieht nun auf folgende Weise: an der einen Seite des Krahnbalkens CD hängt in einem Bügel ein Rad Q (s. Fig. 8, 9 und 11), welches an seiner Peripherie wie eine Seilscheibe ausgekehlt ist, um eine Kette ohne Ende, R, aufnehmen zu können. Die Welle des Rades läuft unter dem Krahnbalken durch und trägt an ihrem andern Ende ein Getriebe S, Fig. 11, welches auf ein Rad T wirkt, das seinerseits wiederum ein kleineres Rad U in Bewegung setzt. Die Welle dieses Rades U ruht in zwei, an dem Balken befestigten Zapfenlagern c, d, Fig. 9, über der Zahnstange und in der Mitte hat sie ein Getriebe V, welches in die Zahnstange eingreift. Zieht man nun an der Kette R, so wird durch die Reibung derselben auf der Peripherie des Rades Q, dieses in Bewegung gesetzt. Die hierzu erforderliche Kraft besteht in der Ueberwindung einer rollenden Reibung und ist also sehr gering, so daß eine einzige Person die schwersten Lasten auf dem Krahnbalken vor- und rückwärts bewegen kann. Bei der Vorwärtsbewegung muß man durch Drehung der Trommel das Krahnseil nachlassen und bei der Rückwärtsbewegung es anziehen. — Bei manchen Krahnen wird die Bewegung der Zahnstange auf eine andere Weise erreicht. Das Rad Q ist in diesem Falle ein Schraubenrad, auf dessen verzahnte Peripherie eine Schraube ohne Ende wirkt, die an einer Stange sitzt, die wie die Strebe EE schräg herab geht, oben und unten in Pfannen läuft und unten durch eine Kurbel bewegt werden kann.

Die an den Häfen oder an sonstigen Ladungsplätzen aufgestellten Krahne haben eine andere Einrichtung und bestehen gewöhnlich gänzlich aus Guß- und Schmiedeeisen. Wir beschreiben mit Hülfe der Taf. XXIV einen solchen Krahn von neuester und sehr vorzüglicher Construction, der an der Bucht oder dem Ausweichplatz (Gare, franz.) von St. Ouen unweit Paris vorhanden ist. Er zeichnet sich durch Eleganz, Festigkeit und sinnreiche Einrichtung des Mechanismus aus und ist in der Maschinenfabrik der Herrn Hick und Rothwell zu Bolton bei Manchester angefertigt.*

Die Maschine ist auf einem sehr starken Mauerwerk AA, Fig. 1, errichtet, welches zu gleicher Zeit die Ufermauer bildet. In dieses Mauerwerk ist die Sohlplatte, CC, eingelassen, welche den ganzen Krahn trägt und deren Form aus den Fig. 1 und 2 deutlich wird. Sie besteht aus Gußeisen, ist aus einem einzigen Stück gegossen und hat sechs Arme, wie man aus Fig. 2 ersehen kann, an deren Enden Löcher zur Aufnahme von sechs, 4 Meter (13 Fuß) langen Bolzen vorhanden sind. Das untere Ende derselben läuft in eine Gänge aus, zu denen man von oben, mittelst eines engen Schachtes, gelangen kann. Die Bolzen sind unten durch Splette befestigt und oben mit Schraubenmuttern versehen, um sie fest anziehen zu können.

Die Krahnsäule D ist ein großer hohler gußeiserner Cylinder, in Form einer dorischen Säule, von 7 bis 8 Fuß Höhe, deren unteres Ende genau in die cylindrische Oeffnung der Sohlplatte paßt, so daß die Säule durch die starken Wände derselben eine feste Stellung erhält und in derselben erhalten wird. Zwei von dem Schaft der Säule getrennte und bewegliche Stücke bilden deren Fuß und Kapitäl.

Der Fuß ist in den Figuren 3 und 4, nach einem doppelten Maaßstabe im Auf- und im Grundrisse dargestellt. Wir nennen ihn den unteren Ring, weil er sich um die Säule dreht. In der Stärke der Platte E, hat man an den vier Ecken vier Zapfenlöcher E' gelassen und an zweien der Seiten sind vier fünfseitige Oeffnungen zur Aufnahme der Rollen e vorhanden, die sich um ihre Axen e' bewegen. Diese Rollen sind so eingerichtet, daß sie die Säule unaufhörlich berühren und sich auf derselben drehen,

* Diese Beschreibung ist entlehnt aus dem Portefeuille industriel, I., p. 30 etc. Ein hölzerner Krahn an demselben Orte, von ebenfalls vortrefflicher Einrichtung, ist beschrieben und abgebildet im Recueil industriel, Bd. 11, Taf. 11.

wenn sich der Ring um dieselbe bewegt. In dem Grundrisse, Fig. 4, sieht man, daß die Rollen etwas vor der Peripherie des Ringes hervorstehen, um alle Reibung aufzunehmen. Wir werden sogleich sehen, wie dieser Ring hoch erhalten wird, ohne die Sohlplatte zu berühren.

Auch das Kapitäl der Säule ist um dieselbe beweglich; es ist eine Art von obern Ring, dessen Anpassung sehr wichtig ist, denn er ist es, welcher das ganze Gewicht des Krahns aufnimmt und es der Säule mittheilt. Um seine Einrichtung kennen zu lernen, muß man die Augen auf Fig. 5 werfen, die ihn, so wie den obern Theil der Säule, auf welcher er ruht, im senkrechten Durchschnitt darstellt. Man sieht zuvörderst, daß die Säule D oben mittelst eines starken Kopfes dd, der eine Art Zapfen bildet, geschlossen ist. Der Vorsprung dient als Basis für den Ring. Dieser besteht, wie man sehen kann, aus drei Stücken, die ins Gevierte übereinander liegen und in einander passen, um unter einander befestigt zu werden, nämlich: aus dem untern Stück FF, aus dem mittlern GG und aus dem obern HH.

Das untere Stück ist in Fig. 6 im Grundriß dargestellt; sein unterer Rand ist abgedreht und das Innere des untern Ringes ausgebohrt, damit es sich auf dem Vorsprunge d′d′ und auf dem Zapfen dd ohne Reibung bewegt. Der leere Raum über dem Zapfen ist quadratisch und die äußere Form entspricht der innern. Auf der obern Oberfläche kann man sechs kleine Leisten f′ von einigen Linien Höhe unterscheiden, deren obern Kanten genau in einer Ebene liegen. In der Mitte erhebt sich, jedoch aus einem Stück mit FF bestehend, das Stück ff mit vier scharfen und vorspringenden Ecken f. Dieser Theil hat drei cylindrische Oeffnungen, von denen die beiden äußern nur zur Verminderung des Gewichts dienen, ohne der Festigkeit nachtheilig zu sein, während die mittlere Oeffnung f″ einen Bolzen aufnimmt, dessen Schraubenmutter in den sechseckigen Raum zu liegen kommt, in welchem das cylindrische Loch ausläuft.

Das mittlere Stück ist für sich in Fig. 8 im Grundriß und in Fig. 7 im Aufriß dargestellt. Man sieht, daß es nur ein quadratischer Kasten GG mit zwei Flügeln g, g, ist, die im Innern in trapezoidaler Form ausgehöhlt sind, während ihre, durch eine untere Leiste verstärkten Wände, auf jeder Seite mit zwei Löchern gg, g′g′ durchbohrt sind. Der Kasten GG ist in seinen innern vier Ecken so eingerichtet, daß er ein gußeisernes Kreuz, Z, Fig. 5, aufnehmen kann; auch sind an zweien seiner Wände vier Leisten g″g″ angebracht, mittelst deren es über die vier vorspringenden Ecken f des Theiles ff von dem untersten Stück F greift. Wenn die verschiedenen Stücke über einander gesetzt sind, so kann man die Flügel g in den Fig. 1 und 5 nicht sehen, weil sie senkrecht auf ihren Ebenen stehen; man bemerkt blos ihre vorstehenden Seiten. Man begreift jetzt den Nutzen des Bolzen Z′. Er wird zuvörderst durch das Loch f″ des Stückes FF gesteckt, damit die Mutter U in die, zu ihrer Aufnahme bestimmte Oeffnung zu liegen kommt und in welchem sie sich nicht drehen kann; alsdann wird das Stück FF an seine Stelle gelegt und man dreht den Bolzen Z′ in der einen oder der andern Richtung so in seiner Pfanne s, daß der untere Rand des Stückes FF, den Rand d′d′ nicht berührt.

Darauf bringt man das Stück GG an seinen Platz und legt das Kreuz z hinein, dessen viereckiges Loch genau über den quadratischen Kopf des Bolzens paßt.

Das oberste Stück HH (Fig. 1 und 5) ruht mit seinem untern Rande auf dem viereckigen obern Rande des Kastens GG, wie ein genau schließender Deckel und greift hinlänglich über, um fest in dieser Lage erhalten zu werden. Der obere runde und convexe Theil nimmt in seiner Mitte die Stange h auf, die mittelst einer Schraubenmutter daran befestigt ist. Die Stange und die Verzierung h′ tragen den Hals h″, welcher die lange Stange JJ unterstützt, die ihrerseits den wichtigen Zweck hat, die obersten Punkte der beiden Arme des Krahns fest mit einander zu verbinden.

Die obigen Einzelnheiten könnten vielleicht zu weitläuftig für ein solches Werk, wie das vorliegende, erscheinen, allein wir sind in der Absicht darin eingegangen, um eine Reihe von sehr sinnreichen Einrichtungen und Zusammenfügungen zu zeigen, die sich durch Festigkeit und Einfachheit auszeichnen. Ueberall ist die Reibung möglichst vermieden und vermindert worden, um die mächtige Maschine leicht handhaben zu können. Es bleiben uns nun noch die Verbindung der Arme mit der Säule und die Bewegungsmechanismen zu beschreiben übrig, um es deutlich zu machen, daß drei Menschen ohne irgend eine Anstrengung oder Gefahr, Lasten von 16 bis 18000 Kilogr. (300 bis 350 Centner) zu heben, an irgend einen Punkt des von dem Krahn beschriebenen Kreises zu transportiren und dann niederzulassen vermögen.

Jeder Arm oder Ausleger des Krahns besteht aus zwei großen gußeisernen Backen JJ, Fig. 1 und 2, die sowohl wegen ihrer Form, als auch mittelst der Verstärkungsrippen, welche sie an ihren Umrissen haben, eine große Festigkeit besitzen und zu gleicher Zeit sehr elegant und sehr leicht erscheinen, da sie gänzlich durchbrochen gegossen worden sind. Eine jede von diesen Backen ist bei j an den obern, und bei j′ an den untern Ring fest angeschraubt. Zu dem Ende ist sie oben mit einem starken Anker versehen, der in eine, dazu vorhandene Vertiefung an dem Rande des Flügels g von dem Stück GG (Fig. 7 und 8) tritt. Zwei Bolzen, welche durch die Anker und durch die einander entsprechenden Löcher g′ gehen, befestigen die beiden, einander gegenüber liegenden Backen des rechten und des linken Arms (Fig. 2) auf einmal. Wenn die Bolzen oben durch die Muttern gehörig angezogen sind, so dreht man den untern Ring so lange, bis daß die untern Anker j′ der vier Arme in die vier Vertiefungen E′ (Fig. 4) treten, woselbst man sie mit Schraubenbolzen befestigt. Die Höhe der Säulen und die senkrechten Entfernungen der Verbindungspunkte sind so eingerichtet, daß der untere Ring gänzlich von den Backen getragen wird, und daß er einige Linien über der Sohlplatte bleibt. Vorn sind die beiden Backen eines Arms nur so weit von einander entfernt, daß sie den nöthigen Raum zur Aufnahme der Rollen K und K′ lassen, und sie werden durch die Stücken i, so wie durch die Bolzen k, k′, in dieser Entfernung von einander erhalten. In den Stücken ii sind auch die beiden Enden der großen Verbindungsstange JJ befestigt.

Aus dem Gesagten geht offenbar hervor, daß die Ringe, die Arme, die Rollen und Alles das, was sie zu tragen

vermögen, ein einziges System bilden, dessen Totalgewicht auf dem abgerundeten Ende des Zapfens x' im Gleichgewicht steht. Es folgt ferner daraus, daß, wenn die an den Rollen hängenden Lasten nicht zu ungleich sind, der obere Ring nur eine geringe Seitenreibung auf den Zapfen dd ausübt, und da die Rollen e'e' des untern Ringes nur schwach gegen die Säule drücken, so ist nur eine geringe Kraft erforderlich, um den ganzen Krahn um den Zapfen x' zu drehen und die Lasten an irgend einen Punkt der, von den Punkten K und K' beschriebenen Peripherie zu bringen.

Der Mechanismus der Mittheilung der Bewegung zur Hebung der Lasten ist an dem linken Arm K' (Fig. 1 und 2), der für geringere Gewichte bestimmt ist, weit einfacher, als an dem rechten Arm K, mit welchem schwere Lasten gehoben werden sollen.

Zu kleinen Lasten sind nur zwei Wellen l und m (Figur 1, 2, 9 und 10) erforderlich, welche sich in Pfannen bewegen, die in den correspondirenden Oeffnungen der beiden entgegengesetzten Backen angebracht worden sind. Auf der erstern sind die beiden ungleichen Räder L und L', Fig. 2 und 9 befestigt, so wie auch eine gußeiserne Trommel l'; auf der zweiten zwei ebenfalls ungleiche Getriebe M und M' und die beiden Kurbeln m. Die Entfernung der beiden Getriebe M und M', äußerlich genommen, ist geringer, als die Entfernung der Räder L und L', im Innern genommen, und die Welle m kann in ihren Zapfenlagern so geschoben werden, daß entweder M in L, oder M' in L' greift, oder endlich, daß gar kein Eingriff der Räder in einander statt findet. Indem der Hebel mit dem Halse w', Fig. 10, in einer oder der andern von den Abtheilungen w, der Welle m (Fig. 9) ruht, wird dieselbe in der einen oder der andern dieser drei Stellungen erhalten; man hebt den Hebel auf, wenn die Welle verschoben werden soll, und läßt ihn fallen, um sie in der Stellung zu erhalten. Wenn die über die Rolle K' gehende Kette mit dem einen Ende mit der Last und mit dem andern an der Trommel befestigt ist, so braucht nur eins von den Getrieben in das Rad zu greifen und die Kurbel umgedreht zu werden, um das Umwickeln der Kette um die Trommel und die Hebung der Last zu bewerkstelligen. Da die Kettenglieder abwechselnd flach und auf der hohen Kante liegen, so sind die Rollen mit einer Vertiefung auf ihrer Peripherie versehen, welche die Hälfte der letztern Glieder aufnimmt. Man erlangt dadurch den doppelten Vortheil, die Kette zu leiten und eine Verdrehung derselben zu verhindern, weil sie sonst leicht Stöße erleiden und zerbrechen könnte.

Wenn die zu hebende Last ungefähr 2000 Kilogr. (40 Centner) beträgt, so wählt man den günstigsten Eingriff, d. h. bei welchem das kleine Getriebe M das große Rad L bewegt, und es sind alsdann nur zwei Menschen erforderlich, welche einen ganzen Tag hindurch ohne alle Anstrengung an dem Krahn arbeiten können. Bei geringern Lasten läßt man das große Getriebe M' in das kleinere Rad L' greifen, und es werden dann, bei gleicher Geschwindigkeit der Kurbeln, mehr Umgänge der Trommel gemacht und die Last steigt schneller empor.

Um die Lasten mittelst der Kurbeln herabgehen zu lassen, sind nicht geringere Anstrengungen erforderlich, als zu ihrer

Hebung; allein mittelst des Mechanismus der Bremse, die wir hier beschreiben wollen, erfolgt die Senkung fast ohne Arbeit. Jedoch ist dieser Vortheil nicht der einzige, denn derselbe Mechanismus ist auch eine Sicherung gegen die meisten Gefahren, denen man sonst bei dem Gebrauch des Krahns ausgesetzt ist. — Die Bremse besteht aus zwei eisernen Bändern yy' und yy'' (Fig. 10), die mit dem Charnier y mit einander verbunden sind, und ungefähr drei Viertel von der Peripherie einer Scheibe umgeben, deren Peripherie auf jeder Seite einen Rand hat. Die Enden y' und y'' der eisernen Bänder stehen durch Charniere mit einem Hebel in Verbindung, dessen Stützpunkt bei v' liegt. Wenn man nun mehr oder minder stark auf das Ende v des Hebels drückt, so kann man, mittelst der Reibung der eisernen Bremse auf der Peripherie der Scheibe, die Bewegung der Last und der Trommel entweder gänzlich aufhalten, oder nach Belieben mäßigen. Die Bremsscheibe l'' sieht man in Fig. 18, sie sitzt auf der Welle l, an dem einen Ende der Trommel l'; in v', Fig. 2, die Axe der Bremse, und in v den Hebel, mittelst dessen er gehandhabt wird.

Gewöhnlich werden zwei Menschen an die Kurbeln und ein dritter wird an die Bremse gestellt, der zu gleicher Zeit die Lasten an die Kette hängt, und sie, wenn sie gehoben und transportirt sind, wieder abhängt. Soll die Last niedergehen, so drückt man auf den Bremshebel, um sie in ihrer Lage zu erhalten, während welcher Zeit man das Getriebe ausrückt; darauf vermindert man den Druck auf die Bremsstange nach und nach, damit die Trommel sich rückwärts umdreht, die Kette sich abwickelt und die Last mit einer Geschwindigkeit niedergeht, deren der die Bremse handhabende Mann gänzlich Herr ist.

Bei Lasten, die 40 bis 60 Centner übersteigen, bedient man sich des rechten Krahnarms und des an demselben angebrachten, zusammengesetztern Mechanismus. Es hat derselbe vier Wellen mit Räderwerk, nämlich n, p, q, r (Figur 1, 2 und 11), welche sich alle in Pfannen bewegen, die in correspondirenden Oeffnungen in den beiden neben einander liegenden Backenstücken angebracht sind.

Die Welle n hat nur ein Getriebe N und zwei Kurbeln, und jenes kann aus- und eingerückt werden.

Die Welle p hat ein Rad P, ein Getriebe P' und eine Bremsscheibe mit einer, auf die oben beschriebene Weise eingerichteten Bremse, deren Hebel man bei v, Fig. 1, sieht.

Die Welle q ist mit einem Rade Q und mit einem Getriebe Q' versehen;

die Welle r endlich enthält das große Rad R und die Trommel T.

Gehen wir von den Kurbeln aus, so greift jedes Getriebe in das Rad an der nächstfolgenden Welle, nämlich: N in P, P' in Q, Q' in R, so daß die Bewegung immer langsamer wird. Man ersieht dieß sehr deutlich aus der Fig. 11, welche nur den Zweck hat, durch einfache Umrisse die Wellen, Getriebe, Räder, die Bremsscheibe und die Trommel anzudeuten.

Der Maaßstab auf Taf. XXV gilt nur für die Figur 1 und 2; die übrigen Figuren sind nach einem doppelt so großen Maaßstabe dargestellt.

Es ist immer sehr vortheilhaft, wenn bei einem Krahn die Einrichtung vorhanden ist, daß die Kraft gegen die aufzuziehende Last verschiedene Verhältnisse annehmen kann, wie wir bereits bei dem so eben beschriebenen sahen. Bei den englischen Krahnen pflegt häufig die Einrichtung für ein dreifaches Verhältniß zu sein. Z. B. die Welle, worauf sich das Seil oder die Kette windet, erhält einen Durchmesser von 12 Zoll und an derselben wird ein Stirnrad mit 80 Zähnen angebracht, das in ein Getriebe mit 10 Zähnen eingreift. An der Welle dieses Getriebes ist ein zweites Stirnrad mit 40 Zähnen befestigt. Dieß greift wieder in ein Getriebe mit 8 Zähnen, an deren Welle nöthigenfalls ein Schwungrad angebracht werden kann. Befestigt man nun an jede dieser drei Wellen eine Kurbel von 15 Zoll Halbmesser, so wird blos bei dem Gebrauch der ersten Welle das Verhältniß 6 : 15 = 1 : 2,5, bei dem Gebrauch der ersten zwei Wellen das Verhältniß 6 . 10 : 15 . 80 = 1 : 20 und bei dem Gebrauche dreier Wellen das Verhältniß 6 . 10 . 8 : 15 . 80 . 40 = 1 : 100 zwischen Kraft und Last eintreten, wobei aber auf keine Reibung Rücksicht genommen worden ist. Bei einem solchen Krahn können die Wellen mit den Getrieben, auf die weiter oben näher bezeichnete Weise, zur Seite geschoben, oder außerhalb des Eingriffes der Stirnräder gebracht werden, damit nur immer jene Anzahl Wellen und Getriebe im Eingriffe bleibe, welche das bestimmte Verhältniß der Kraft zur Last fordert, und damit die Räder, welche man zur Bewirkung dieses Verhältnisses nicht bedarf, durch ihren Eingriff keine unnöthige Reibung verursachen.

So wie zu Winden, so wird die Wasserpresse auch zu Betreibung von Krahnen angewendet. Der Kolben des großen Cylinders treibt hiebei eine gezahnte Stange in die Höhe, welche wieder in ein Getriebe eingreift, an dessen Welle ein großes Rad angebracht ist, um welches sich das Seil schlingt; die Last wird mittelst dieses Seiles nach und nach aufgezogen, und man kann bei dem bedeutenden Verhältnisse, welches hier zwischen Kraft und Last statt findet, allerdings die größten Lasten gewältigen; jedoch rücken auch die letztern nur äußerst langsam in die Höhe. —

Eine andere Art der Krahne sind die transportabeln, d. h. solche, die von einem Orte zum andern getragen oder geführt werden können. Eine sehr einfache Vorrichtung dieser Art wurde beim Bau der Brücken und Waarenhäuser der Liverpool-Manchester Eisenbahn angewendet, und ist in Fig. 14 und 15, Taf. XXIV, in einer Vorder- und Seitenansicht dargestellt. Die beiden Bäume a a sind oben zusammengebolzt und unten durch das Querholz b verbunden. Die beiden Füße der Bäume a sind jeder mit einer Gabel beschlagen, in welcher sich eine gußeiserne Rolle dreht; beide Rollen bewegen sich in der mit Eisen ausgelegten Rinne eines auf dem Boden liegenden Balkens, wodurch der Stand der Rüstung leicht verändert werden kann. Aufrecht wird dieselbe durch ein oben befestigtes Seil d gehalten, weches mit dem andern Ende um einen weiter rückwärts eingeschlagenen Pfahl geschlungen wird. Auf einer eisernen, mit zwei Kurbeln versehenen Welle f sitzt ein kleines Stirnrad, welches in ein größeres, mit der Welle g verbundenes, eingreift. Auf diese Welle ist das Seil h befestigt, an dessen anderm Ende, nachdem es durch den, vom obern Vereinigungspunkt der Balken herabhängenden, Flaschenzug gezogen ist, die Last befestigt wird. Durch Anspannen oder Nachlassen des Seils d erhält das Gerüst eine beliebige Neigung, so daß mittelst des Krahns Steine ins Lager gebracht und, wenn es nöthig ist, auch wieder gelichtet werden können. Die Höhe des Gerüstes beträgt etwa 55 Fuß, die untere Breite 12 Fuß. (Verhandlungen des Berliner Gewerbvereins, 1831, 5. Lief. S. 234.)

Herr v. Gerstner (Mechanik, 3. 120) bemerkt, daß bei dem Bau der Liverpool-Manchester Eisenbahn verschiedene andere transportable Krahne gebraucht wurden, die auf niedrigen Eisenbahnwagen standen und zum Transport von Werkstücken auf der Bahn, so wie zur Einsetzung derselben in die Lehrbögen der Gewölbbogen verwendet wurden.

Wir beschreiben nun noch mit Hülfe der Taf. XXVI einen sehr sinnreich construirten Krahn, der in der mechanischen Werkstatt des Hrn. Maudslay in London, in einem zur Aufstellung größerer Maschinen bestimmten Raum, vorhanden ist, auf kleinen Rädern ruht, und zum Heben, Fortschaffen und Einsetzen der verschiedenen schweren Theile, die durch Rollwagen aus den mit diesem Raum in Verbindung stehenden Werkstätten herangebracht werden, dient.* Der Boden des Raumes, auf welchem sich der Krahn bewegt, muß natürlich mit steinernen oder gußeisernen Platten belegt und vollkommen eben sein.

Fig. 1 zeigt den Krahn in der Seiten- und Fig. 2 in der Stirnansicht. Er ist mit zwei Auslegern versehen, die aus doppelten Blättern bestehen, welche bei a a im Gestell ihre Unterstützung, und zugleich einen Drehpunkt finden, wenn sie durch die bei b b angebolzten und um die Kettentrommel A geschlagenen Ketten angezogen oder herabgelassen werden sollen, um eine ebenfalls an Ketten angehängte Last der Mitte des Krahns näher zu bringen, oder von derselben zu entfernen. Die Trommel A ruht mit Zapfen in Lagern, die am Obergestell des Krahns angebracht sind, und erhält die verlangte Bewegung von einer Schraube ohne Ende C, deren Gänge mit den Zähnen des Schraubenrades B in Eingriff stehen; sie ist nebst dem kleinen Rade D an der stehenden Spindel E befestigt. Die Spindel, und somit auch die Schraube ohne Ende, erhält die Bewegung von einem Rade F, welches mit einem liegenden Speichenrade G in Umlauf kommt, sobald letzteres von der Mannschaft des Kolbens gedreht wird. Nur mit dem einen Ausleger wird eine Last gehoben, an dem andern aber, zur Erhaltung des Gleichgewichts des Krahns, ein Gegengewicht angehängt. Die Ketten zum Heben der gedachten Lasten sind an den Auslegern bei c c befestigt, laufen über die Rollen H, über die oben an den Auslegern um die Bolzen b sich drehenden Rollen J, und von da herab nach der Kettentrommel K. Die Axe dieser Trommel bewegt sich in Pfannen, die im Gestell bei d angeordnet sind, und trägt außer dieser Trommel noch ein Getriebe L, welches mit dem Rade M im Eingriff steht. Dieß Rad M ist auf einer Axe mit dem Getriebe N befestigt, welches von dem an der Kurbelwelle befindlichen kleinen Rade O durch

* Aus einer Abhandlung des Herrn Wedding in den Verhandlungen des Berliner Gewerbevereins, Jahrg. 1833, 5. Lief. S. 248.

den Eingriff der Zähne beider die Bewegung erhält, die bis auf die Trommel K in der verlangten Richtung fortgepflanzt wird. Sind leichtere Lasten zu heben, so können diese auch mit größerer Geschwindigkeit bewegt werden; es werden dann die Kurbeln von der Welle e, auf der sich das kleine Rad O befindet; abgenommen und auf die Welle f gebracht, auf welcher das Getriebe M und das Rad N befestigt sind, die Welle e aber, nach Aufnahme einer Fallklinke g, zurückgeschoben, so daß die Zähne des Rades O aus dem Eingriff mit dem Getriebe N kommen, und nun an den Kurbelgriffen gearbeitet. Das Anheben einer Last bewirkt, in Folge der Befestigung der Kette auf der Trommel, an der das Gegengewicht hängt, ein Herablassen desselben und umgekehrt, was besonders zweckmäßig ist, wenn die Ausleger gedreht werden sollen, und das Gegengewicht über bereits aufgestellte Sachen hinweggeführt werden muß. Daß die Ketten übrigens auch auf der Trommel so gelagert und befestigt werden können, daß auf beiden Seiten ein gleichzeitiges Aufsteigen oder Senken der Lasten erfolgt, erleidet keinen Zweifel.

Das Gerüst P mit den Auslegern Q Q ist durch sechs Rollen h, h, h, h, unterstützt, und dreht sich um einen Bolzen i, der dasselbe mit dem Untergestell R verbindet. Die Rollen h laufen auf einer ebenen Kreisbahn des Untergestelles R. Das Untergestell selbst ist mit vier Rollen l unterstützt, die sich mit den Bolzen k in jede beliebige Richtung bringen lassen, um den Krahn mit den Lasten nach jeder beliebigen Richtung hinschaffen zu können. Das Fortschaffen des Krahns durch Untergreifen mit Brechstangen würde wegen der Störung des Gleichgewichts mißlich sein, es geschieht daher mittelst eines Flaschenzuges, der an irgend einer Stelle des Gebäudes, in der Richtung, in welcher die Bewegung erfolgen soll, angehängt ist, und dessen Zugleine um die, auf der Welle f befestigte Trommel S geschlagen ist. Da auch diese Welle, nach Aufnahme einer Fallklinke, so zur Seite geschoben werden kann, daß das Rad M aus dem Eingriff mit L kommt, so kann das Fortrollen des Krahns erfolgen, ohne den, durch Klinkhaken gesicherten, Stand der Kettentrommel K, und demnach auch den der Lasten zu ändern.

Wegen der Berechnung der Krahne muß ich auf Gerstner's Mechanik, III, 121 ꝛc. verweisen, da sie sehr weitläuftig ist und auch nicht einmal Materialien zur Berechnung eines neuern zweckmäßig eingerichteten Krahns vorliegen; denn die von dem Herrn v. Gerstner mitgetheilte, bezieht sich auf eine alte Vorrichtung dieser Art mit einem Tretrade.

Drittes Capitel.

Von den Schlagwerken und Pfahlrammen.

Diese Vorrichtungen, auch Rammen oder Rammmaschinen genannt, dienen zum Eintreiben starker Pfähle in den Erdboden, die zu baulichen Zwecken größere Lasten fortwährend tragen sollen. Das wesentlichste Stück dieser Maschinen ist ein großer Block von Eichenholz oder von Gußeisen, Hoyer, Rammbär oder Rammklotz genannt, welcher mittelst eines Seiles in die Höhe gezogen und sodann auf einen darunter befindlichen Pfahl fallen gelassen wird, wodurch nun der Schlag oder Stoß, welcher den Kopf des Pfahles trifft, denselben zum Eindringen in die Erde nöthigt. Wird das Seil, woran der Rammklotz befestigt ist, mit seinem andern Ende über eine Rolle geleitet und daselbst von den Arbeitern unmittelbar angezogen und so der Rammklotz gehoben, so wird dieß eine Lauframme, Handzugramme, oder gewöhnliches Schlagwerk genannt; ist aber ein Räderwerk oder Hebezeug vorhanden, um schwerere Klötze und diese auf größere Höhen aufzuziehen, so nennt man dieß eine Kunstramme oder Maschinenschlagwerk.

Die gemeine Zugramme ist eine allgemein bekannte Maschine und es ist daher nicht erforderlich, sie hier zu beschreiben. Wir erwähnen nur einer Verbesserung derselben, angegeben vom Ingenieur Borgnis und mitgetheilt vom Prof. Volz zu Carlsruhe in seinem Gewerbskalender für 1835, S. 125 ꝛc., die um so wichtiger ist, da die Handzugramme wegen ihrer Einfachheit und schnellen Wirkung in den mehrsten Fällen gewählt wird.

Bei den gewöhnlichen Zugrammen laufen nämlich alle Zugleinen in einen einzigen Knoten zusammen, so daß die Arbeiter alle im schiefen Anzuge, also sehr unvortheilhaft, arbeiten. Dieser Nachtheil wird desto beträchtlicher, je schiefer der Zug wird, je mehr Arbeiter also angestellt und je kürzer die Zugleinen sind. Borgnis Einrichtung ist folgende: Das Rammgerüst bekommt eine größere Basis als gewöhnlich; auf derselben werden in der Peripherie eines Kreises die Arbeiter aufgestellt, die von ihnen gehaltenen Zugseile senkrecht in die Höhe geführt und oberhalb in einen Ring angeschlungen, dessen Durchmesser gleich dem des Kreises ist, in welchem die Arbeiter unten stehen. Von dem Ringe aus gehen mehre Seile, etwa drei, schief aufwärts und vereinigen sich in einem Knoten mit dem eigentlichen Rammseile, welches nun über die obere Rolle gelegt ist und auf der entgegengesetzten Seite senkrecht nieder nach dem Rammklotze führt. Wenn das Rammseil über der Leitrolle liegt, so müssen ein paar Bügel über die Rinne der letztern gelegt werden, damit das Seil beim Niedergange nicht etwa herausspringe. Die ganze Anlage macht es nothwendig, daß der Durchmesser der obern Leitrolle ungefähr so lang sei, als der horizontale Abstand des Zugseilringes von dem senkrecht niedergehenden Rammseile, was allerdings bedeutend mehr beträgt, als der gewöhnliche Durchmesser der Leitrollen. Man erhält aber dadurch den dreifachen Vortheil, daß die Reibung am Leitrollenzapfen an einen größern Rollenhalbmesser reducirt und

daher unbeträchtlicher wird, daß die Seilesbiegung an der Leitrolle bei weitem geringere Kräfte erfordert, und daß daher das Rammseil viel länger als bei der gewöhnlichen Einrichtung der Knotenrammen dauern kann. Dagegen giebt die erforderliche größere Basis dieser Ramme allerdings mehr Festigkeit, ist aber an manchen Punkten nicht anzuwenden. Nach Versuchen, die mit mehr als 1000 Pfählen angestellt wurden, soll der vierte Theil der Kraft gegen die gewöhnliche Zugramme erspart werden.

Sollen Pfähle mit größerer Gewalt eingetrieben werden, um bedeutende Lasten tragen zu können, so muß sowohl das Gewicht des Rammbären, als auch die Aufzugshöhe und hiemit die Wirkung des Schlages vermehrt werden. Wir bedürfen in solchen Fällen Rammmaschinen, wobei 10 bis 12 Ctnr. schwere Klötze auf eine Höhe von 15 bis 20 Fuß aufgezogen werden. Diese Maschinen gewähren überdieß den Vortheil, daß dabei die menschliche Kraft weit zweckmäßiger verwendet wird, als es bei der vorher beschriebenen Handzugramme der Fall ist. Eine Kunstramme dieser Art, welche auch zum Eintreiben schiefer Pfähle dienen kann, ist in Fig. 1 bis 3, Taf. XXVII, dargestellt.*

Das Schwellwerk hat die Form eines Vierecks, es ist 20 Fuß lang und 13 Fuß breit; seine zwei Langschwellen AB sind vorn unter den Laufruthen durch zwei verzapfte Querschwellen parallel von einander gehalten, an den hintern Hälften GB aber mit horizontalen Spalten und einer Reihe senkrecht eingebohrter Löcher versehen, endlich ist dasselbe an seinen Enden mit eisernen Ringen umgeben. Eine verschiebbare Querschwelle G mit vier aufwärtsstehenden Gelenkgliedern I, ... bewegt sich mit ihren beiderseitigen, schwächern, in der Mitte durchbohrten Enden innerhalb der Spalten der Langschwellen und kann darin durch zwei Vorstecknägel, welche sowohl die Langschwelle, als auch den Zapfen der verschiebbaren Querschwelle durchgreifen, unverrückbar gemacht werden. Das Schwellholz ist 9 Zoll breit und 10 Zoll hoch.

Aus zwei Gabelgelenken an den vordern Enden der Längenschwellen erheben sich, schräg aufwärtsgehend und zugleich ein wenig zurückgeneigt, die zwei Vorderruthen EF, E'F', Fig. 2, deren oberes Ende in ein 8 Fuß langes 12 zölliges Querholz FF' eingezapft und verbolzt ist. Sie sind 6 Zoll im Quadrat stark, vom Schwellwerk bis zum untern Rande des Querholzes, in senkrechter Richtung gemessen, 28 Fuß hoch und überdieß die eine Ruthe EF durch Einsatz wagrechter Sprossen zur Leiter eingerichtet. Von der Mitte des Querholzes gehen in der Entfernung von 27 Zoll lichter Weite die siebenzölligen Laufruthen hi, kl senkrecht herab; sie sind oben im Gelenke fest, unten ganz frei und werden in ihrer Lage nur durch Einschnitte in den Querschwellen LL' erhalten.

Der Rammklotz ist von hartem Holze, $4\frac{1}{2}$ Fuß hoch, hat 24 Zoll im Gevierten und es sind an demselben 8 eiserne Frictionsrollen zu seiner Leitung auf den Laufruthen an eisernen Zapfen befestigt. Am obern Ende des Bären ist die Stichkrampe o angebracht, welche, wie Fig. 2 in der vordern Ansicht und Fig. 3 im Querdurchschnitt zeigt, fest mit dem Bären verbunden wird und zur

* Beschreibung und Abbildung dieser Ramme sind aus Gerstner's Mechanik, III, 133 rc. und Taf. 81, entlehnt.

Aufnahme des Hakens op dient, mittelst dessen der Bär in die Höhe gezogen wird. Damit der Haken stets in der Mitte zwischen den Laufruthen herabgehe und unmittelbar die Stichkrampe treffe, ist er in der Spalte eines Holzkörpers M, welcher durch mehre an ihm angebrachte Falze zwischen den Laufruthen geführt wird, mittelst Axen befestigt. Unmittelbar über der Axe des Hakens zertheilt sich derselbe (Fig. 3) in zwei Theile, von denen der senkrechte ein Oehr zum Anbinden des Rammtaues bildet, der andere seitwärts nach p gehende Arm aber über den Holzkörper M hervorragt und für die Auslösung des Hakens aus der Krampe bestimmt. Diese Auslösung wird dadurch bewirkt, daß der Haken beim Aufziehen des Rammklotzes an einen eisernen, an den Laufruthen horizontal unter der Rolle befestigten Stab ab anläuft, durch diesen herab und aus der Stichkrampe herausgedrückt wird, worauf er den Klotz fallen läßt.

Das Rammtau geht über die oben in Axen laufende, auf einem eisernen Bügel hinter den Laufruthen ruhende Rolle N und ist mit dem Ende an die Trommel P befestigt; an derselben ist ein gußeisernes Stirnrad Q angebracht, welches in ein Getriebe eingreift, an dessen Axe wieder zu jeder Seite ein Sperrrad S mit am Kranz befindlichen Handhaben T zum Drehen aufgesteckt ist. Die Trommel oder hohle Walze P ist auf der runden, glatten eisernen Spindel des Stirnrades angeschoben und bewegt sich so lange mit der Spindel dieses Rades, als ihr kreuzweis eingeschnittenes Ende in die Kreuzschenkel des Stirnrades eingreift und durch dieselben festgehalten wird. Will man aber die Trommel ausrücken, so bedient man sich eines Hebels, welcher an seinem einen Ende an dem Gerüste festgemacht ist und in einer Rinne der Walze liegt. Wird dieser Hebel angezogen, so zieht man das Ende der Trommel aus den Kreuzschenkeln des Stirnrades heraus, wie dieß aus anderweitig dargestellten Vorrichtungen dieser Art noch deutlicher werden wird. Es hat diese Vorrichtung den Zweck, nach geschehenem Hube und Auslösung des Rammklotzes, den Haken ohne Zurückdrehung des ganzen Räderwerkes herabzubringen, indem das Gewicht dieses Hakens sammt dem Holzkörper M so groß gemacht wird, daß er die ausgelöste Trommel zurückdrehen kann, mithin das Abwickeln des Rammtaues und die eigene Senkung ohne weitere Beihülfe zu bewirken. Uebrigens ergiebt sich von selbst, daß man dem Räderwerke jedes beliebige Verhältniß geben könne. Wäre dieß z. B. 1 : 20, so würden zwei Arbeiter mit der mittlern Kraft von 30 Pfd., während ihrer 8stündigen Arbeitszeit, einen Rammklotz von 12 Centnern aufzuziehen vermögen.

Zum Gestelle des Räderwerkes dienen zwei aufrechte Säulen mn, m'n', die mit ihren untern Gabelenden an den innern Gelenkgliedern der verschiebbaren Querschwelle G, mit den obern Enden jedoch in einen Querbalken OO' eingezapft sind, welcher zwischen den Hinterruthen in der Höhe von etwa 7 Fuß angebracht ist. Zum bequemen Angriffe der Handhaben an den Sperrrädern müssen die erstern nicht höher als 4 Fuß über den Bretterbeleg des Schwellwerkes zu liegen kommen.

Die Hinterruthen IK, Fig. 1, steigen von den äußersten Gelenken der verschiebbaren Querschwelle G bis K, oder auf $^{1}/_{4}$ der Höhe der Vorderruthen, mit welchen

sie ebenfalls durch Gelenke in Verbindung stehen. Durch diese Einrichtung kann man mittelst der Kunstramme Pfähle selbst unter einem Winkel von 75° in den Grund treiben, wobei keine andere Veränderung nöthig wird, als die Querschwelle G gegen das Hinterende B des Schwellwerkes zu verschieben und somit die Laufruthen in eine schräge Stellung zu bringen. Die an allen Theilen der Maschine vorhandenen Gelenke machen die Bewegung des Laufgerüstes nach der Seite möglich.

Um die einzurammenden Pfähle aufzuziehen und in die gehörige Lage zu bringen, wird der Rammbär früher aufgezogen und durch Vorsteckung eines Pflockes in ein Loch r oder r' der Laufruthe in dieser Lage erhalten, dann das Tau von dem Haken losgebunden, am Pfahle befestigt und dieser mittelst des Räderwerks eben so wie der Bär in die Höhe gezogen und gerichtet, worauf dann die Eintreibung mit demselben vor sich gehen kann.

Bei dieser Kunstramme sind wenige Arbeiter im Stande, einen bedeutend schweren Rammbär in die Höhe zu ziehen, da man durch das Vorgelege ein jedes Verhältniß der Kraft zur Last erreichen kann; allein es steigt der Bär auch sehr langsam in die Höhe und das Eintreiben der Pfähle erfordert daher viel Zeit. Zur Anstellung mehrer Menschen an den Handhaben der Sperrräder ist aber der erforderliche Raum nicht vorhanden. Nun ist man aber bei Wasserbauten, vorzüglich bei Pilottirungen, gewöhnlich auf eine kurze Zeit des Jahres, während welcher nämlich der niedrige Wasserstand vorhanden ist, beschränkt. Es kommt daher häufig auf Beschleunigung der Rammarbeiten an, was allerdings bei der beschriebenen Rammmaschine mit Vorgelege nicht möglich ist. Handzugrammen sind in den meisten Fällen nicht wirksam und kräftig genug, da es häufig darauf ankommt, eine sehr feste und tiefe Pilottirung auszuführen. Herr v. Gerstner (Mechanik, III, 136 2c.) beschreibt daher eine durch eine horizontale Winde in Bewegung gesetzte Kunstramme, die einen 13 Centner schweren Bär auf eine Höhe von 20 Fuß zieht und deren Dienste sowohl sein verewigter Vater, als auch er selbst, bei mehren Brückenbauten mit großem Vortheil angewendet haben. Sie trieb die Pfähle mit ungemeiner Kraft 10 bis 12 Fuß tief in den Boden. An einer stehenden Welle sind strahlenförmig 12 hölzerne Arme von 13 Fuß Länge angebracht, und über dieser Winde ist an der Welle ein Korb befindlich, um welchen sich das Seil aufwickelt, welches dann über zwei Rollen geht und auf die gewöhnliche Weise mittelst einer Zange mit dem Bär verbunden ist. Der Korb kann nach jedem Aufzuge ausgelöst werden, um das Seil von selbst nieder zu ziehen. Fig. 1 bis 8 auf Taf. 82 des Atlasses zu dem Gerstner'schen Werke geben eine genaue Abbildung von dieser Ramme.

Sehr vortheilhaft ist es, die Ramme, besonders beim Eintreiben einer großen Anzahl von Pfählen, durch Wasserkraft in Bewegung zu setzen, wo nur irgend Gelegenheit dazu vorhanden ist. Die Ausführung einer Schleuse unweit Oranienburg in der Mark Brandenburg, gab dem Königl. Preußischen Wasserbauinspector Rothe Veranlassung zur Construction einer solchen Ramme, die wir hier mit Hülfe der Fig. 4 und 5, Taf. XXVII, beschreiben.*

Die Bewegung der Ramme erfolgt durch ein Wasserrad, mittelst eines zugleich zum Betriebe der Pumpen benutzten Kunstgestänges, welches eine Reihe, längs der Schleuse gelegter gekoppelter Wellen in Bewegung setzt, an welchen sich eine Riemenscheibe so verschieben läßt, daß sie dem jedesmaligen Stande der an der Kunstramme befindlichen Riemenscheibe o, Fig. 4, entspricht und durch den, um beide gelegten Laufriemen die letztere bewegt. Die Ramme selbst, hier nur abgebrochen dargestellt, ist übrigens wie die in Fig. 1 und 2 dargestellte construirt, mit zwei Läufern, zwischen denen sich die einfachen Arme des Bären bewegen, versehen. Auf zwei besondern Schwellen steht ein eigenes Gerüst, welches mit den Läufern und Ruthen außer Verbindung ist und die Vorrichtung enthält, durch welche das Rammtau ohne Hülfe von Menschenkräften angezogen und der Bär gehoben wird. Das Rammtau geht nämlich wie gewöhnlich von dem Bär über die hier nicht abgebildete Rolle, oben am Gerüst herab unter die Scheibe y, horizontal fort, um die bewegliche Scheibe x, horizontal zurück unter die feste Scheibe w, von hier zum Kopfe des eingerammten Pfahles, wo es bei p an einen Bandhaken befestigt ist. Die Zapfenlager der beweglichen Scheibe x befinden sich in den Ecken zweier neben einander liegender Parallelogramme s t u v, welche auf beiden Seiten der Scheibe an die quer über das Gerüst gehenden Zangen befestigt sind, und zwar so in Zapfenlagern beweglich, daß sich jedes der beiden Parallelogramme um die Punkte s und t drehen kann. Die Stäbe t und u sind bei v durch eine starke eiserne Platte verbunden. An der Welle q, deren Zapfenlager sich an dem Gerüst befindet, ist ein gußeiserner Wellfuß oder Hebling a b n angebracht, welcher in Fig. 5 besonders abgebildet ist, und bei seiner Drehung gegen die Platte v drückt und mit dieser das Parallelogramm s t u v in v und u und daher auch die bewegliche Rolle x von dem einzurammenden Pfahle wegbewegt, dadurch das Rammtau anzieht und den Rammklotz anhebt.

Fig. 4 stellt den Rammklotz gehoben dar; dreht sich der Wellfuß weiter, so verläßt dessen Punkt b die Platte r, und letztere wird nebst dem Parallelogramme, der beweglichen Scheibe und dem Seile durch die Schwere des Rammklotzes zurückgezogen; dabei schlägt die Platte r gegen die Heblingswelle q, und wird von dem Heblingsaufzuge n von Neuem ergriffen.

Soll der Klotz, wie hier, 5 Fuß hoch gehoben werden, so muß, da das Rammtau bei der Bewegung der Scheibe x sich über und unter derselben verlängert, der Punkt v und u um $2\frac{1}{2}$ Fuß fortrücken, mithin t u einen Bogen beschreiben, dessen Sehne $2\frac{1}{2}$ Fuß ist. Die größte Länge des Heblings a b wird daher hier 22 Zoll. Rechnet man für den Anhub 2 Secunden, für den Fall und Wiederangriff 1 Secunde, so muß sich die Heblingswelle in 3 Secunden einmal umdrehen, und der Hebling $\frac{2}{3}$ des Weges einnehmen, den b beschreibt; die Bogenlinie des Heblings muß so beschaffen sein, daß bei gleichförmig drehender Bewegung desselben der Punkt r sich ebenfalls gleichförmig

* Entnommen aus einer Abhandl. des Hrn. Rothe in den Verhandlungen des Berliner Gewerbvereins, 1836, 1. Lieferung, S. 59 2c. und daraus im polytechnischen Centralblatte, 1836, S. 963 2c.

fortbewegt, daß also die Radien qb, qe, qg ... qn, Figur 5, welche gleiche, noch so kleine Winkel mit einander bilden, stets einen gleichen Längenunterschied haben; theilt man daher den Bogen amn $= \frac{2}{3}$ des Umfanges in beliebig viele, z. B. 8 gleiche Theile, und macht dann de $= \frac{7}{8}$ ab; fg $= \frac{6}{8}$ ab; hi $= \frac{5}{8}$ ab u. s. w. kl $= \frac{1}{8}$ ab, und verbindet b, e, g ... l, n durch eine stetige Bogenlinie, so entsteht die äußere Bogenlinie des verlangten Wellfußes.

Um die Bewegung des Wasserrades auf der Daumenwelle zu übertragen, muß eine Vorrichtung vorhanden sein, welche das Hin- und Herrücken der Ramme nicht hindert. Dazu dienen die erwähnten Riemenscheiben; längs des Raumes nämlich, über welchen die Ramme verschoben werden soll, werden Wellen gelegt, welche alle eine Axe haben, und mit einander nach Erforderniß, z. B. auf die in Fig. 1, Taf. II, dargestellte Weise, gekuppelt werden können.

Um aber auch Pfähle einschlagen zu können, welche in ungleichen Entfernungen von den Wellen befindlich sind, ist der Laufriemen mit Schnallen zu beliebiger Verlängerung und Verkürzung angebracht. Die Stärke der dem Pfahle zu gebenden Schläge hat man ebenfalls ganz dadurch in seiner Gewalt, daß man das Rammtau etwas verlängert; dann wird der Kloß erst gehoben, wenn der Hebling schon einen Theil seines Weges zurückgelegt hat.

Ein ungleichmäßiger Gang tritt allerdings bei dem in die Augen fallenden Leergehen des Heblings ein; man würde denselben dadurch vermeiden, daß man entweder ein Schwungrad anbrächte, oder, was noch besser wäre, zwei abwechselnd zu hebende Rammen gleichzeitig von einem Wasserrade bewegen ließe.

Wenn man bei einer gewöhnlichen Ramme mit einem 12 Centner schweren Kloße 38 bis 40 Mann rechnen muß, so hat diese Kunstramme nicht allein den Vortheil, daß sie ununterbrochen arbeitet, mithin viel schneller fördert, sondern auch den, daß man nur $\frac{1}{3}$ der Mannschaft dabei bedarf, welche dazu benutzt wird, die Ramme weiter zu rücken, die Laufdielen zu verlegen, den Pfahl herbei zu holen und aufzuwinden, Rad und Zugwelle zu verschieben, die Wellen an den erforderlichen Stellen außer Betrieb zu setzen u. s. w. — In England werden bei den größern Brückenbauten die Rammen durch Dampfmaschinen bewegt.

Wir wollen nun noch mit Herrn v. Gerstner die verschiedenen Rammen einer nähern Prüfung unterwerfen, um zu sehen, wie zweckmäßig die disponibeln Arbeitskräfte

verwendet werden, und wie groß die Wirkung oder der Effect einer jeden solchen Maschine in einer bestimmten Zeit, z. B. in einem Tage sei.

Bei einer Handzugramme mit einem 400 Pfund schweren Kloß sind ungefähr 12 Menschen erforderlich; wir bemerkten aber schon oben, daß sie bei der gewöhnlichen Einrichtung der Maschine größtentheils einen schiefen Zug haben, woraus offenbar folgt, daß ein bedeutender Verlust an Zugkraft entstehe, den man als $\frac{1}{7}$ des Ganzen annehmen kann. Ein zweiter Mangel der Handzugramme ist, daß mit derselben der Rammkloß nicht gut höher als 6 Fuß, gewöhnlich aber nur 3 bis 4 Fuß gehoben werden kann, weil die Menschen, der Länge ihrer Arme wegen, die Zugleine nicht tiefer als 3 bis 4 Fuß herabziehen können. Bei einer größern Höhe müssen sich die Arbeiter zu viel anstrengen und halten nur eine kurze Zeit aus, welches für die Verwendung der Kraft abermals unvortheilhaft ist. Die Erfahrung beweist, daß gewöhnliche Arbeiter nur 2 bis 3, die stärksten höchstens nur 4 Stunden bei einer Handzugramme auszuhalten vermögen. Das Bewegungsmoment eines Arbeiters verhält sich gegen das bei andern Maschinen mit sehr geringem Widerstande wie 1 : 1,8 und noch unvortheilhafter, wenn man den Rammkloß, wie es bei stärkern Pfählen sein muß, schwerer annimmt.

Die Kunstrammen gewähren im Vergleiche zu den Handzugrammen folgende Vortheile: 1) können die Arbeiter an einer Winde mit ihrer ganzen mittlern Kraft wirksam sein, wogegen sie bei der Handzugramme, des schiefen Zuges wegen, nur mit $\frac{6}{7}$ arbeiten. 2) Die Hebelarme können bei der Winde so proportionirt werden, daß die Menschen auch durch die gewohnten 8 Stunden mit ihrer vollen Kraft arbeiten. 3) In diesem letzten Falle geht auch die Arbeit ununterbrochen des Tages fort, und es treten nur jene kleinern Zwischenräume ein, die nur den dritten Theil von 12 Stunden dauern. Dagegen müssen bei allen Handzugrammen nach jeder Anzahl von 20 bis 30 Schlägen, oder nach einer sogenannten Hitze, immer weit größere Ruhepausen zur Erholung der während der Arbeit übermäßig angestrengten Arbeiter gegönnt werden. 4) Bei einer Kunstramme kann man Bären von 12 bis 15 und mehr Centner Gewicht verwenden, ferner denselben auf 20 bis 30 Fuß oder mehr Höhe aufziehen; demnach werden auch die Pfähle weit tiefer eindringen, als es bei der Handzugramme möglich ist.

Viertes Capitel.

Von den Pumpen.

Eine Pumpe ist eine Maschine, welche dazu dient, Wasser aus einem tiefern auf einen höher gelegenen Punkt zu heben.* Alle Pumpen lassen sich in drei Gattungen eintheilen: in Saugpumpen, Druckpumpen und vereinigte Saug- und Druckpumpen.**)

Eine Saugpumpe besteht im Wesentlichen aus folgenden Theilen: aus einer geraden oder gebogenen Röhre

* Es giebt zwar außer den Pumpen noch eine Reihe anderer Maschinen, mit denen man denselben Zweck erreichen kann, wenn die Höhen, auf welche das Wasser gehoben werden soll, gering sind, allein ihre Benutzung ist größtentheils beschränkt. Es gehören dahin: die Schaufelwerke, die Paternosterwerke, die Schöpfräder und Kästelwerke, die Wasserschnecke, die Wasserschraube und die Spiralpumpe. Wir verweisen dieserhalb auf Gerstner's Mechanik, III, 171 ꝛc.

** Wir benutzten hierbei v. Gerstner's Mechanik, II, 121 ꝛc., III, 243 ꝛc. Verdam's Mechanik, III, 1 und 2, 301 ꝛc. Barlow, 282 ꝛc. Schitko's Beitr. z. Bergbauk. II, 1 ꝛc.

AB, Fig. 6, Taf. XXVII, dem Saugrohre, welches unter der Oberfläche des zu hebenden Wassers cd steht, sich unten trichterförmig ausmündet, damit der Zufluß des Wassers mit der geringsten Zusammenziehung stattfinde, und daselbst auch meistens noch mit einem Siebe ab, zur Abhaltung aller Unreinigkeiten vom Innern des Saugrohrs, versehen ist. — Ueber dem Saugrohre befindlich und mit diesem durch Schrauben verbunden ist das gewöhnlich weitere Kolbenrohr CD, auch Pumpenstiefel genannt, vorhanden. An der Verbindung beider Rohre ist das Saugrohr mit einem Ventil f, dem sogenannten Saugventil, verschlossen. In seiner einfachsten Form besteht es aus einer, um ein zwischen beide Röhren geschraubtes, ledernes Charnier beweglichen Klappe, die von unten nach oben aufschlägt. Das Kolbenrohr muß im Innern möglichst cylindrisch oder concentrisch und daher genau ausgebohrt sein, damit der Kolben G so genau als thunlich darin schließe und ohne zu große Reibung im Kolbenrohre bewegt werden könne.

Der Kolben G ist mit einer cylindrischen, oder auch wohl mit einer konischen Oeffnung durchbohrt, welche mit einer Klappe, dem Kolbenventil g, welches gleiche Einrichtung mit dem Saugventil hat, verschlossen werden kann. An dem Kolben sitzt die Kolbenstange HIK, und an dieser der Hebel KLM, durch dessen Schwengel MN der Kolben auf und nieder bewegt wird. — Wenn keine besondere Einrichtung angebracht ist, durch welche die Kolbenstange so viel als möglich in senkrechter Linie auf und nieder bewegt wird, so hat sie wenigstens häufig irgendwo zwischen K und H ein Gelenke I, um welches sich der Theil IK allein während der Bewegung dreht, so daß HI fast ganz vertikal bleibt und nicht gebogen wird. Ueber dem Kolbenrohr endlich ist ein Sammelkasten EF angebracht, in welchen das Wasser gehoben wird, und aus welchem es wieder mittelst Röhren oder Hähnen ausfließt.

Die Wirkung der Pumpe ist sehr einfach: ehe das Spiel der Pumpe beginnt, ist das Saugrohr bis ei (der Wasserspiegel von cd) mit Wasser gefüllt. Der Raum von ei bis zum Saugventil f, welcher jedoch weit größer, als in der Fig. 6 angegeben, jedoch aus weiter unten näher zu entwickelnden Gründen nicht über 24 bis 28 Fuß hoch sein darf, und von da bis zum Kolbenventil g, enthält atmosphärische Luft, und diese hat in beiden Räumen gleiche Spannung mit der äußern Luft, und drückt deshalb mit gleichem Gewicht auf die Oberfläche des Wassers eiB. Man denke sich nun den Kolben in seinem tiefsten Stande, und daß er alsdann bis zu kl gehoben werde, so bleibt während dieser Bewegung das Kolbenventil g geschlossen, weil der Druck der Luft auf dasselbe fortdauert. Ist nun der Kolben bis kl gehoben, so wird die Luft opCf sogleich diesen größern Raum einnehmen und eben so viel an Elasticität und Druckkraft verlieren, als der Raum klC größer ist, als opC. Auf das Ventil f wird also ein geringerer Druck ausgeübt, als zuvor, und deßhalb ein geringerer Druck, als die Luft Aei von unten gegen dasselbe ausübt. Hat nun das Saugventil f kein übermäßiges Gewicht, so wird es von der Luft Aie geöffnet werden, und da die Luft eiA elastischer ist, als flk, so wird sie aus dem Saugrohr in das Kolbenrohr treten. Alsdann wird die Elasticität der Luft in eif auch geringer, sie übt nun

einen geringern Druck auf das Wasser ei aus, als vorher, wo ihre Spannung der der äußern Luft noch gleich war, und da nun letztere eben deßhalb einen größern Druck auf das Wasser cd ausübt, als die innere Luft, so muß das Wasser in der Saugröhre z. B. bis mn steigen, so daß die Spannung der Luft klfmn + dem Drucke der Wassersäule eimn, dem Drucke der äußern Luft auf die Oberfläche des äußern Wassers das Gleichgewicht halten. Wird nun das Saugventil von oben und von unten auf gleiche Weise gedrückt, so bleibt es geschlossen. Drückt man alsdann den Kolben nieder, so wird die Luft klpo zusammengedrückt, und bekommt sehr bald wieder eine der äußern Luft gleiche Spannung. Geht der Kolben nun noch weiter nieder, so wird die Spannung bedeutender, so daß das von unten stärker, als von oben gedrückte Kolbenventil g sich öffnen muß, und der gespanntern Luft über f einen Durchgang gewährt, bis der Kolben seinen tiefsten Stand erreicht hat, und das Ventil g, wenn es auf beiden Seiten gleich stark gedrückt wird, wieder zufällt.

Zieht man nun den Kolben wieder in die Höhe, so wird das Wasser im Saugrohr wieder steigen können. Nach zwei oder mehren Zügen erreicht es das Saugventil f, öffnet es und kommt über dasselbe zu stehen, so daß es auf diese Weise endlich den Kolben erreichen wird.

Es sei qr der tiefste Stand des Kolbens und das Wasser sei nach dem Hube desselben bis op gestiegen; alsdann werde der Kolben niedergedrückt, so schließt sich das Ventil f, welches während des Aufganges von dem Kolben geöffnet war, wiederum. Der Kolben soll nun durch das Wasser oprq getrieben werden, weshalb sich das Ventil g öffnen, und das Wasser selbst durch den hohlen Kolben fließen und über dessen Oberfläche gelangen wird. Geht nun der Kolben wieder in die Höhe, so schließt sich dessen Ventil und das über ihm stehende Wasser wird mit ihm gehoben. Unterdessen kann die äußere Luft ihren Druck wieder frei ausüben, das Ventil f öffnen, und das Wasser durch das Saugrohr AB in das Kolbenrohr CD treiben. Ist alsdann die Geschwindigkeit der Bewegung des Kolbens geringer, als diejenige, mit welcher das Wasser durchfließt oder steigt, so muß das Wasser im Kolbenrohr dem Kolben beständig bis zu seinem höchsten Stande folgen. Wenn nun die Bewegung des Kolben in diesem Augenblick wieder in entgegengesetzter Richtung statt findet und er folglich eine kurze Zeit still steht, so wird das Ventil f durch seine Schwere zufallen, das Wasser flk gänzlich zurückhalten und zurückzulaufen verhindern, was geschehen würde, wenn das Ventil nicht vorhanden wäre, oder offen bliebe; denn indem sich das Ventil g, durch den Niedergang des Kolbens vom Wasser flk gedrückt, öffnet, wird der Druck der äußern Luft auf das über dem Kolben stehende Wasser auch ausgeübt auf das Wasser klf unter dem Kolben. Die Schwere der Säule unter klie würde dann ohne das Ventil f von keiner Druckkraft getragen werden (weil die äußere Luft auch auf das Wasser cd und von da unten gegen die Säule klie gleich stark drückt, als oben auf diese Säule) und das Wasser müßte augenblicklich wieder bis zum Spiegel ei des äußern Wassers sinken.

Durch das Pumpen wird alsdann das Wasser cd bis über die Oberfläche des Kolbens gebracht, wenn dieser in seinem höchsten Stande ist; läßt man nun den Kolben wie-

der bis q r niedergehen, so wird er durch das in der Höhe k l stehen bleibende Wasser dringen, und das Ventil g bleibt während dieser Bewegung geöffnet. Nachdem der Kolben wieder in die Höhe gegangen ist, schließt sich das Ventil g und alles Wasser, welches über dem Kolben steht, muß zugleich mit diesem gehoben werden und gelangt in den Sammelkasten EF. Bei jedem neuen Hub (so nennt man nämlich den Raum, durch welchen der Kolben bewegt wird) muß nun derselbe Effect ununterbrochen statt finden; nämlich beim Niedergange des Kolbens fällt das Ventil f und hält das über ihm stehende Wasser zurück, während das Ventil g geöffnet bleibt. Geht der Kolben in die Höhe, so muß sich das Ventil g schließen, dagegen das Ventil f durch den Druck der äußern Luft auf das Wasser c d öffnen, vorausgesetzt, daß dieser Druck größer ist, als derjenige der Wassersäule A e i + dem Gewicht des Ventils f + dem Druck des Wassers f p l k q auf das Ventil f. Das Wasser wird aufs Neue in das Kolbenrohr gedrängt und zu gleicher Zeit von dem Kolben emporgehoben, während das über demselben stehende in den Sammelkasten EF ausgegossen wird.

Es wird deshalb das Wasser allein durch den Hub des Kolbens in den Sammelkasten gebracht, und die jedesmal gehobene Wassersäule ist offenbar gleich der Säule q r l k, welche der Kolben jedesmal fortbewegt, d. h. gleich einer Wassersäule, welche zur Höhe den Hub des Kolbens und zur Basis dessen Oberfläche oder den Durchschnitt des Kolbenrohrs hat. Hiervon muß jedoch das Volum der Kolbenstange für die Länge des Hubes, so wie auch das des Bügels II abgezogen werden.

Man nehme den Durchschnitt des Kolbenrohrs zu 15 Quadratzoll und den Durchschnitt der Pumpenstange zu 0,4 Quadratzoll an, so wird (den Bügel unberücksichtigt gelassen) die Oberfläche der Basis der Wassersäule 14,6 Quadratzoll betragen. Ist dann der Kolbenhub gleich 40 Zollen, so wird bei jedem Hube eine Quantität von 58,4 Kubikzollen emporgehoben. Man kann jedoch den körperlichen Inhalt des Theiles der Pumpenstange, welcher jedesmal über das Wasser kommt, wenn der Kolben den höchsten Stand erreicht hat, auch ganz unberücksichtigt bei der Rechnung lassen; denn wenn der Kolben wieder niedergeht, so gelangt der erwähnte Theil wieder unter das Wasser, wodurch eben so viel nach oben verdrängt wird und ausläuft, als der körperliche Inhalt der Kolbenstange beträgt.

Ueber die Länge des Kolben- und des Saugrohrs bemerken wir, daß wenn der Abstand q o des Kolbens in seinem höchsten Stande von der Oberfläche des äußern Wassers größer oder gleich ist der Höhe der Wassersäule, welche den Druck der Luft im Gleichgewicht erhält, das Wasser auch nicht höher als bis q r im Kolbenrohr steigen könne; und da q r der tiefste Stand des Kolbens ist, so kann das Wasser nicht durch denselben dringen, und also auch nicht gehoben werden.

Die äußerste Höhe, bis zu welcher der Kolben über das zu hebende Wasser c d gebracht werden kann, ist daher diejenige, bei welchem er im höchsten Stande k l einen Abstand hat von c d, der gleich der Höhe der eben genannten Wassersäule ist, d. h. 32 Fuß. In der Praxis muß man aber diese Höhe immer 2 bis 3 Fuß geringer annehmen, da die immer im Wasser vorhandene, oder mit demselben

vermengte Luft sich im Kolbenrohr entwickeln und nebst der nicht gänzlichen Luftdichtigkeit des Rohrs und der Ventile es verhindern wird, daß das Wasser bis an den Kolben in seinem höchsten Stande gelangen könne. Jedoch bestimmt diese Gränze durchaus nicht die Höhe, bis zu welcher man Wasser zu heben vermag; denn wenn dasselbe nur gehörig dem Kolben folgen und sich über denselben erheben kann, so ist man im Stande, es zu allen möglichen Höhen empor zu heben (wie wir weiter unten noch näher sehen werden), sobald nur hinlängliche Kräfte vorhanden sind, um die Wassersäule heben zu können.

Das Saugrohr ist keine wesentliche Bedingung bei einer Saugpumpe, das Kolbenrohr kann unmittelbar im Wasser stehen und jenes dient blos dazu, die Entfernung des Saugventils vom Wasser auszufüllen, wenn der Kolben in einiger Höhe über demselben angebracht werden muß.

Die Druckpumpe besteht in ihrer einfachsten Form aus einem Kolbenrohr AB, Fig. 7, Taf. XXVII, welches unmittelbar im Wasser steht und deshalb mit keinem Saugrohr verbunden ist. Der Boden dieser Röhre ist mit einem Ventil f verschlossen. Das Kolbenrohr oder der Stiefel steht mit einer gebogenen und alsdann gerade oder schräg emporsteigenden Röhre DE, der sogen. Steigröhre, in Verbindung. Dieselbe ist durch ein nach dem Innern der Röhre zu spielendes, senkrechtes oder horizontales Ventil D verschlossen. Der Kolben ist massiv und enthält kein Ventil. Er wird hier durch einen einarmigen Hebel in Bewegung gesetzt.

Wird der Kolben gehoben, so muß das Wasser wegen seines eigenen und wegen des Druckes der äußern Luft in das Kolbenrohr fließen, vor das Ventil D gelangen und bis unter den Kolben C steigen; ist letzteres geschehen und soll der Kolben niedergehen, so fällt das Ventil f und sperrt das Wasser im Stiefel von dem äußern Wasser ab. Beim Niedergange des Kolbens kann das Wasser unter demselben nicht weichen, sondern es wird das Ventil D geöffnet und der Kolben drückt das Wasser in das Steigrohr DE. Beim Hube des Kolbens schließt sich das Ventil D, sowohl durch seine eigene Schwere, als durch den Druck des Wassers DE, und da das Ventil f zu gleicher Zeit durch den Druck des äußern Wassers geöffnet wird, so wird der Stiefel wieder wie zuvor gefüllt. Bei jedem Niedergange des Kolbens wird dann Wasser in das Steigrohr DE gepreßt, und dieses Wasser kann, wenn hinlängliche Kraft vorhanden ist, bis zu jeder Höhe gehoben werden. Liegt das Kolbenrohr AB so tief unter Wasser, daß der Kolben in seinem höchsten Stande nicht über die Oberfläche des äußern Wassers gelangt, so wirkt die Pumpe unabhängig vom Druck der äußern Luft und sie ist dann eine eigentliche Druckpumpe.

Man kann das Kolbenrohr einer Druckpumpe auch über die Oberfläche des zu hebenden Wassers bringen, indem man es mit einem Saugrohr a I, Fig. 3, Taf. XXIX, verbindet. Die Pumpe ist dann die vereinigte Saug- und Druckpumpe. Bei den ersten Kolbenhüben muß die im Saugrohr a I (welches bis 30 Fuß hoch sein kann) befindliche Luft durch das Saugventil N treten, und das Wasser wird im Saugrohr in Folge des Druckes der äußern Luft steigen. Bei den ersten Niedergängen des Kolbens schließt sich das Saugventil und die im Kolbenrohr

befindliche Luft wird durch das Ventil O zum Theil in das Steigrohr P getrieben. Dieses wird während der ersten zwei oder drei Kolbenzüge der Fall sein, bis das Wasser durch das Saugventil getrieben wird; alsdann wird eine ähnliche Wirkung, wie bei der einfachen Druckpumpe beständig stattfinden, nur mit dem einzigen Unterschiede, daß das Wasser im Kolbenrohr durch den Druck der äußern Luft auf die Oberfläche des äußern Wassers emporgetrieben oder gezogen wird. Wir kommen weiter unten auf diese Figur zurück.

Wir betrachten nun zuvörderst einige besondere Einrichtungen von Pumpen, welche zum Heben geringerer Wassermassen auf geringere Höhen angewendet werden.

Unter den verschiedenen Arten, den Kolben zu bewegen, ist die in Fig. 1, Taf. XXVIII, abgebildete, wegen ihrer geringen Friction sehr zu empfehlen. Die Fig. 1 giebt einen senkrechten Durchschnitt der Pumpe. Die Kolbenstangen haben an ihren obern Enden Zähne, in welche ein Getriebe greift und die mittelst Frictionsrollen in ihrer senkrechten Lage erhalten werden. Die bei dieser Pumpe angewendeten Ventile sind dreierlei Art. Das obere Ventil a ist ein Kugelsegment, welches an der Kolbenstange auf- und niedergleitet und vermöge seines eigenen Gewichts sinkt; das zweite b, nennt man ein Pendelventil (pendulum valve) und das dritte c ist eine Kugel, welches von dem steigenden Wasser gehoben wird und durch sein eigenes Gewicht sinkt. Diese Ventile haben den Vortheil, daß nicht leicht Unreinigkeiten, welche das Wasser mit in die Höhe nimmt, daran hängen bleiben. Die Kolben werden entweder auf die gewöhnliche Weise durch einen Hebel bewegt, oder durch ein Seil, welches um die Scheibe d e, die eine ausgehöhlte Peripherie hat, läuft, unterhalb derselben gekreuzt ist und an dem ein oder mehre Menschen ziehen. Die Pumpe soll außerordentlich wirksam sein.

Wir bemerkten schon weiter oben, daß das Wasser über dem Kolben bei gewöhnlichen Saugpumpen zu bedeutenden Höhen gehoben werden könne, wie wir dieß noch weiter unten bei den Bergwerkspumpen näher sehen werden. Die in Fig. 2, Taf. XXVIII, dargestellte Brunnenpumpe (in England Stephens's forcing Pump genannt), zeigt dasselbe. A ist die Erdoberfläche und BB die aus Ziegelsteinmauerung bestehende Bekleidung des Brunnens, in welchem der Wasserstand unterhalb C befindlich ist. D ist der Hebel oder Pumpenschwengel, mit welchem die Pumpenstange a verbunden ist. Diese besteht aus Holz, in verschiedenen Stücken, welche auf die in Fig. 5 näher bezeichnete Weise mit Eisen verbunden sind. Ueber die hölzernen Stangen a a greifen nämlich eiserne Gabeln b und beide sind durch Bolzen und Schrauben mit einander verbunden. E ist das Kolbenrohr der Pumpe, in welcher sich der Kolben d bewegt. Es besteht aus Holz und ist genau ausgebohrt. Das ebenfalls aus Holz bestehende Steigerohr ist mit dem Kolbenrohr durch das schräge Stück e verbunden. Am untern Ende des Kolben- und am obern Ende des schmäler gebohrten Saugrohrs, liegt das Saugventil f. Das Kolbenrohr ist mit einer messingenen Röhre ausgefüttert, damit der Kolben um so geringere Reibung erleidet. Das obere Ende der Kolbenröhre ist mit einem metallenen Deckel g bedeckt (siehe auch Fig. 3 und 4), die in ihrer Mitte eine Stopfbüchse hat, durch welche die eiserne Kolbenstange h

geht, an deren unterm Ende der Kolben d befestigt ist. Der metallene Deckel besteht aus einem Ringe, der mittelst fünf Schraubenbolzen auf der hölzernen Röhre befestigt ist. Die Bolzen sind mit Haken versehen, welche äußerlich in die Röhre getrieben worden sind, durch die vorspringenden Oehre in dem Ringe gehen und oben mit Muttern befestigt sind. Mit dem Ringe ist die Deckelplatte mit der Stopfbüchse durch fünf Schrauben verbunden. Soll nun der Kolben, um neu geliedert zu werden, herausgenommen werden, so braucht man nur die Deckelplatte abzunehmen.

F ist die Steigeröhre, die aus so vielen einzelnen Stücken besteht, als es die Tiefe des Brunnens über dem Saugrohr erfordert. Sie sind dadurch mit einander verbunden, daß man das obere Ende der einen kegelförmig zuspitzt und das untere der andern eben so ausbohrt. Das unterste Stück ist mit der schrägen Röhre e verbunden. Es ist besser, wenn an diesem Punkt ein Ventil in der Röhre vorhanden ist, welche sich nach aufwärts bewegt, um den Rückfall des Wassers aus der Steigeröhre zu verhindern und um einen Theil von dem Gewicht der Wassersäule von dem Saugventil f aufzunehmen. Das Wasser läuft aus der Röhre i heraus.

N ist eine zweite Ausflußröhre, die niedriger als die erstere liegt. Sie hat eine Schraube, mittelst welcher sie mit einem ledernen Schlauch verbunden werden kann, um das Wasser auf weite Entfernungen zu schaffen, oder um den Brunnen, wenn auf den Schlauch ein Gußrohr angebracht worden ist, als Feuerspritze zu benutzen. Der obere Ausguß i muß alsdann fest verschlossen werden und oben auf dem Pfahl ist alsdann ein kupfernes, luftdichtes Gefäß angebracht, welches als Windkessel wirkt und das stoßweise Ausströmen des Wassers vermindert.*

k ist eine Vorrichtung, welche dazu dient, die Kolbenstange h in senkrechter Richtung auf und nieder zu leiten, damit sie in der Stopfbüchse durch irgend eine Abweichung keine bedeutende Friction veranlaßt. Sie ist an der Steigeröhre F befestigt.

Fig. 6, 7 und 8 stellen eine Pumpe mit doppelten Kolben dar. Fig. 6 ist ein senkrechter Durchschnitt der ganzen Pumpe; Fig. 7 ein Durchschnitt des einen Kolbens und Fig. 8 ein Grundriß desselben. In Fig. 7 ist KDD ein Theil von der Kolbenstange des andern Kolbens mit der Gabel DD, die mit dem Kolben FF verbunden ist. GG ist ein Theil von der Kolbenstange des untern Kolbens, G, Fig. 6, der durch die Kreuzstange FF

* Die augenscheinlichen Vortheile, welche aus einer Verbindung der Feuerspritzen mit den Brunnen entstehen, hat in neuern Zeiten mehrfach Veranlassung zu Vorschlägen in dieser Hinsicht gegeben. Diese Vortheile bestehen hauptsächlich in einer bedeutenden Kostenersparung und darin, daß solche Maschinen selbst bei ziemlich strenger Kälte ihre Dienste nicht versagen, indem das Brunnenwasser nur schwer gefriert. Der Hauptmangel an denselben, daß die Benutzung als Feuerspritzen von der Entfernung des in Gefahr stehenden Punktes abhängig ist, also dem Raum nach sehr eingeschränkt erscheint, hindert freilich ihre allgemeine Anwendbarkeit, kann jedoch in passenden Fällen ihre Vortheile nicht beseitigen. Sehr zweckmäßige Brunnenspritzen findet man beschrieben in den „Verhandlungen des Berliner Gewerbevereins“, Jahrg. 1822, S. 106 rc. und Jahrg. 1830, 6te Lieferung, S. 261 rc.

geht, die an dem obern Theil des obern Kolbens befestigt ist. EE ist eine andere Querstange, durch welche die Kolbenstange GG geht.

Die auf diese Weise verbundenen Kolben sind nur bei großen Pumpen nöthig. Bei kleinern können die Gelenke D und die Stange EE wegbleiben, und die Kolbenstange kann aus einem Stück bestehen und bei FF an dem Kolben befestigt sein, indem die Biegsamkeit der Stange dies Gelenk bei D unnöthig macht.

Fig. 8 stellt den Kolben von oben betrachtet mit der Querstange FF, durch welche die untere Kolbenstange geht, vor. Die beiden Ventile bestehen, wie gewöhnlich, aus einem Stück Leder, welches in der Mitte unter der Querstange FF befestigt ist und dessen beide halbrunden Klappen durch zwei gleichgeformte Stücken Eisenblech, welche darauf genietet, verstärkt worden sind.

Die Wirksamkeit der Pumpe ist folgende: A, D, H, Fig. 6, ist ein Hebel auf der einen, und LKI ein ähnlicher auf der andern Seite und durch dieselben wird die bewegende Kraft den Kolben mitgetheilt. Der Hebel ADH ist um den Stützpunkt D, und der Hebel LKI um den Stütz- oder Mittelpunkt K beweglich. Die Enden I und H sind durch eine Stange IH verbunden, so daß, wenn der Hebel A nieder gedrückt wird, der andere in die Höhe geht. Die Theile AD und LK der Hebel sind nach E und O verlängert, so daß sie möglichst bis über den Mittelpunkt der Röhre reichen, übrigens in ihren Bewegungen unabhängig von einander sind.

Wird daher der Hebel A niedergedrückt, so wird der Hebel L gehoben und der Kolben G sinkt und der Kolben F steigt. Diese wechselsweise fortgesetzte Bewegung gewährt beim Heben des Wassers einen doppelten Vortheil; denn wenn der eine Hebel niedergedrückt wird, so wird der damit verbundene Kolben gehoben, und wenn derselbe Hebel aufwärts geht, so steigt der mit dem andern Hebel verbundene Kolben ebenfalls. — Es ist daher klar, daß eine mit zwei Kolben versehene Pumpe doppelt soviel Wasser heben kann, als eine gleich große, nur mit einem Kolben versehene, weshalb sie unter manchen Umständen, besonders auf Schiffen, große Vorzüge gewähren.

Ehe wir nun zur nähern Betrachtung größerer Pumpenwerke übergehen, müssen wir erst noch von einer eigenthümlichen Art der Kolbenliederung mit sogenanntem Brunnenfilz reden.* In Brennereien und Brauereien ist es bereits über 40 Jahre üblich, die Kolben der Pumpen, mittelst deren heiße Flüssigkeiten gehoben werden, statt mit Leder, mit Filz zu liedern, weil die lederne Liederung sehr bald zerstört wird. Am besten werden die dazu erforderlichen Filztafeln aus feiner Lämmerwolle bereitet, welche in Urin und Wasser gereinigt, getrocknet, gewolft, gefacht, gekocht und gewalkt wird. Solche Filzliederung ist außerordentlich dauerhaft.

Die wichtigste Anwendung der Pumpen ist die bei den Bergwerken zur Hebung des Grundwassers, so wie auf Salzwerken zur Hebung der Soole. Menschliche Kräfte reichen zur Bewegung dieser größern Pumpen nicht aus,

* „Verhandlungen des Berliner Gewerbevereins", Jahrg. 1837, 2. Liefer. S. 94 zc. und daraus im „polytechn. Centralblatte", Jahrg. 1837, Nr. 41.

sondern es werden oberschlächtige Räder, Wassersäulenmaschinen und Dampfmaschinen zu ihrem Betriebe verwendet, selten nur Thierkräfte. In neuerer Zeit sind bei den Bergwerkspumpen große Verbesserungen gemacht worden; die Gruben werden immer tiefer, die Wasserhaltung wird immer schwieriger. In Cornwall war der sehr ergiebige Kupfer- und Zinnbergbau, der großen Tiefe wegen, aus welcher das Wasser gehoben werden mußte und auch wegen der großen Wasserzuflüsse, fast ganz zum Erliegen gekommen; nur mit Hülfe der mächtigen Dampfmaschinen, von denen wir eine in der vorhergehenden Abtheilung des Werkes mit Hülfe von Taf. XXI beschrieben, und der verbesserten Einrichtung der Pumpen, die wir nun beschreiben wollen, war es möglich, diese wichtigen Bergwerke wieder von dem Wasser zu befreien und in ihren jetzigen Flor zu bringen; ja es ist gar nicht zu läugnen, daß der Grubenbetrieb oft gänzlich von einer guten Wasserhaltung abhängt.*

Früher betrachtete man die Höhe, bis zu welcher das Wasser in einer Säule, oder in einem Satze gehoben werden könne, als begränzt durch die, welche das Saugen, oder der atmosphärische Druck zu geben vermögen, weshalb die Pumpen in Sätze von ungefähr 30 Fuß Höhe getheilt waren und zum Theil es noch sind. Diese Sätze übergeben das Wasser einer dem andern durch zu diesem Zweck angebrachte Sammelkästen. Es wird aber dazu viel Raum, ein sehr zusammengesetztes und gebrechliches System von Pumpenstangen erfordert, und sie reichen nur da aus, wo die Menge von Wasserzuflüssen nicht so groß ist, um eine rasche Bewegung nöthig zu machen. Die Sätze der Pumpen nach neuerer Construction sind dagegen über 300 Fuß hoch.

Die Fig. 1 und 2, Taf. XXIX, stellen die Einrichtung dreier Kunstsätze in einem unter dem Stollen 90 Fathoms (à 6 engl. Fuß) tiefen Schacht einer Cornwalliser Kupfergrube dar. A ist der obere Theil des Schachtes über dem Stollen; B der Stollen, auf welchem die Pumpen das Wasser ausgießen und auf dem es zu Tage geführt wird; C ist das Schachtgestänge, durch welche die Kolben der verschiedenen Kunstsätze bewegt werden. Dieses Gestänge hängt hier an dem Balancier einer Dampfmaschine, wie die auf Taf. XXI abgebildete; es kann aber auch eben so gut durch ein Wasserrad oder durch eine Wassersäulenmaschine bewegt werden. D sind Arme an dem Schachtgestänge, welche dazu dienen, dasselbe mit den Kolbenstangen der verschiedenen Pumpen- oder Kunstsätze zu verbinden. E der Wasserkasten des obersten Satzes, welcher sein Wasser auf den Stollen ausgießt; dieser Kasten wird durch den Ausguß F des mittlern Satzes gefüllt, so wie der Kasten G durch den Ausguß H des untersten Satzes. Dieser unterste Satz ist ein Saugsatz (Suction or drawing lift im Engl.), die beiden obern sind Drucksätze von der in England Plunger pumps genannten Art, die wir unten noch näher kennen lernen werden.

* Wir entnehmen das Folgende aus einer Abhandlung des Engländers John Taylor, „von den zur Wasserhaltung in Bergwerken angewendeten Pumpen" in den Records of Mining, I, und daraus von mir übersetzt in den „Verhandl. des Preuß. Gewerbevereins", 1te Lief. 1831, S. 40.

Bei der Construction von Pumpen für die Bergwerke sind, außer den gewöhnlichen Erfordernissen, die sie mit allen Pumpen gemein haben, noch andere besondere Rücksichten zu nehmen, die ohne Gefahr nicht außer Acht gelassen werden dürfen. Die Wirkung der Bergwerkspumpen muß stetig sein und darf nur eine sehr kurze Zeit unterbrochen werden, weil bei längerer Unterbrechung das Wasser überhand nimmt, die Arbeiten unterbricht und die Baue zerstört. Es müssen daher alle Theile solcher Pumpen stark sein, besonders die beweglichen und die durch Reibung leidenden, damit sie eine möglichst lange Dauer haben und in möglichst kurzer Zeit wieder hergestellt werden können. Aus demselben Grunde muß jeder wesentliche Theil so angebracht sein, daß er ohne große Schwierigkeit zugänglich ist und leicht ausgewechselt werden kann.

Die die meisten Vortheile vereinigende, aber auch am öftersten einer Reparatur bedürfende Pumpe ist die gewöhnliche Saugpumpe oder der Saugsatz, von welchem Fig. 9, Taf. XXVIII, einen Durchschnitt giebt und der in Fig. 2, Taf. XXIX, den untersten Satz K bildet. Die Kolbenstange I des Satzes ist mit dem Schachtgestänge durch den Arm D, über dem Ausguß H, verbunden. Die Röhren des Satzes bestehen aus Gußeisen, obgleich die Steigröhren Q auch recht gut aus Holz bestehen können, wo Eisen zu theuer ist. Die Höhe der Steigeröhren kann weit bedeutender sein, als in der obigen Fig. 2 dargestellt worden, wo des Raumes wegen dieselben möglichst niedrig gezeichnet werden mußten. In Fig. 9 bezeichnet: P das Kolbenrohr, UZ die Ventilkammer, I das Saugrohr. Diese verschiedenen Röhren haben eine gehörige Metallstärke, um dem Druck einer bedeutenden Wassersäule widerstehen zu können. Die Verbindung der einzelnen Röhren geschieht durch vorspringende Ränder und Schrauben; mittelst Ringen von Blei, umgeben mit Binden von wollenem, in Theer getränktem Zeuge, sind sie luft- und wasserdicht gemacht. Ihre Auswechselung, wenn eine Röhre schadhaft wird, ist bei dieser Verbindung leicht bewerkstelligt. Die Kolbenröhre P hat einen etwas geringern Durchmesser als die Steigeröhren, damit der Kolben, der in jener dicht anschließen muß, durch diese leicht durchgehen kann, wenn er, der Liederung wegen, herausgezogen und wieder hineingebracht wird. — Wenn nun auch das Wasser in dem Schachte in die Höhe gegangen ist, so kann der Kolben dennoch aus dem Kolbenrohr durch eine Winde in die Höhe gezogen, frisch geliedert und wieder hineingebracht werden. Dieser Umstand sichert den Saugsätzen den Vorzug bei ihrer Anwendung als unterster Satz in dem Gesenk eines Schachtes. Ein Nachtheil ist die bedeutende Abnutzung der Liederung, deren Auswechselung stets kostbar und zeitraubend ist. Man hat daher bei manchen Sätzen dieser Art in dem unmittelbar über der Kolbenröhre befindlichen Röhre eine Seitenöffnung angebracht, welche auf dieselbe Weise, wie die Ventilkammer UZ, verschlossen ist; jedoch hilft eine solche Einrichtung nicht in den Fällen, wo bei einem Stillstande der Maschine das Wasser sehr rasch in dem Schachte in die Höhe geht.

Die Construction des Saug- oder Bodenventils X ist aus der Abbildung ersichtlich. Die Klappen bestehen aus Leder, welche freilich auch der Abnutzung unterworfen sind, dennoch aber jeder andern Vorrichtung der Art vorgezogen werden. Das Bodenventil kann durch die Ventilkammer, welche sich leicht öffnen läßt, aus seinem Sitz herausgenommen und die schadhaften Klappen können leicht reparirt werden. Geht aber das Wasser rasch auf, so hilft die zu öffnende Ventilkammer nichts und das Ventil muß alsdann in die Höhe gezogen werden. Um dieß möglichst leicht bewerkstelligen zu können, ist es mit einem eisernen Bügel b versehen, in welchen ein durch die Röhren herabgelassener Haken greift. Auch hat es unterhalb eine, nach unten spitz zulaufende Leitung von eisernen Stäben, wodurch es, wenn es wieder niedergelassen wird, auch durch das Wasser an seinen Platz gelangen kann.

Gewöhnlich bestehen, wie schon bemerkt, die Kolbenröhren aus Gußeisen; wenn aber, wie z. B. in Cornwall, das Wasser vitriolisch und daher fressend ist, so wendet man Kolbenröhren von Kanonenmetall an, welche überhaupt den Vorzug verdienen, oder man füttert die eisernen Stiefel mit einer dünnen Holzlage aus, welche wie Faßdauben eingerichtet und zur Erreichung des Zweckes völlig hinreichend sind.

Die obern Sätze in dem Schacht, Fig. 1 und 2, Tafel XXIX, sind, wie schon bemerkt, Druckpumpen, welche die Wassersäule beim Niedergange des Gestänges in die Höhe treiben und von denen eine in Fig. 3 auf derselben Tafel im senkrechten Durchschnitt dargestellt worden ist. Eigentlich ist es eine vereinigte Saug- und Druckpumpe; in England nennt man sie plunging lifts, stoßende Sätze, denn die Wirkung wird durch die Bewegung eines massiven Kolbens (Plunger) hervorgebracht. Dieser massive Kolben K ist ebenfalls durch einen Arm D (Fig. 1 und 2) mit dem Schachtgestänge C verbunden; er arbeitet in dem Kolbenrohr L durch die Stopfbüchse M. Der Kolben K ist eine gußeiserne oder metallene Walze, genau abgedreht und polirt und an der Kolbenstange befestigt; fM ist die wasserdichte Stopfbüchse. Die Kolbenröhre L ist durch das Röhrenstück Q mit dem Saugrohr I und dem Steigrohr P verbunden. N ist das Saugventil, O das Ventil am untern Ende des Steigerohrs; zu beiden kann man durch die zu öffnenden Platten UU gelangen, um sie auszuwechseln oder zu repariren. aa sind die Verbindungspunkte der verschiedenen Röhrenstücke. Nun ist es klar, daß, wenn durch den Aufgang des Schachtgestänges der Kolben durch die Stopfbüchse in die Höhe geht, in der Druckröhre ein luftverdünnter Raum entsteht, das Wasser aber durch das Ventil N dringt und den Raum erfüllt. Geht dagegen die Schachtstange mit dem Kolben niederwärts, so wird das untere Ventil N geschlossen, das obere O dagegen geöffnet und das Wasser in der Steigröhre in die Höhe getrieben. Die Wirkung ist ganz dieselbe wie bei einer gewöhnlichen Druckpumpe, allein die vorliegende Einrichtung hat für Bergwerke zwei wesentliche Vortheile.

Der erste besteht in der sehr bequemen und gar nicht oft auszuwechselnden Liederung, die blos in der Stopfbüchse bei f stattfindet. Sie besteht aus Hanf und Talg und es ist nur nöthig, das obere Stück f der Stopfbüchse dann und wann durch die Schrauben nachzuziehen. Aber auch die Auswechselung der Liederung ist leicht bewerkstelligt und sie ist auch wohlfeiler, da kein Leder dazu erforderlich ist.

Der zweite, nicht minder wesentliche Vortheil ist folgender: Das Gewicht des Gestänges in einem tiefen Schachte

ist so groß, daß, wenn es nicht mit einem Gegengewichte versehen ist, die Wirkung der Bewegungsmaschine wesentlich vermindert wird. Man hat daher von jeher verschiedene, zum Theil kostbare Gegengewichte mit den Schachtgestängen verbunden, welche noch außerdem manchen Störungen unterworfen sind und die bewegende Kraft mit neuen Massen von Materien belasten, deren Beharrungsvermögen überwunden werden muß. Bei den hier beschriebenen Drucksätzen aber, bei denen die Kolben das Wasser beim Niedergange des Gestänges in die Höhe treiben, wird so viel von dem Gewicht desselben aufgehoben, als das der Wassersäule beträgt, und es ist daher kein anderes Gegengewicht erforderlich. Es ist dieß besonders bei tiefen Schächten und sehr wirksamen Pumpenwerken nöthig, die durch Dampfmaschinen in Bewegung gesetzt werden.

Wenn die Kunstsätze blos aus Saugpumpen bestehen, so wendet man auch mit vielem Vortheil einen Drucksatz als Gegengewicht an, in welchem Falle das obere Ventil weggenommen wird, und das Wasser daher in dem obern Theil der Säule steigt und fällt. Das verloren gehende Wasser wird durch einen kleinen Zufluß am obern Ende ersetzt.

Eine andere Art von Druckpumpen, bei denen der massive Kolben von unten nach oben zu wirkt, und bei denen daher die Hebung des Wassers nicht, wie bei den vorigen, durch das Gewicht des Schachtgestänges, sondern durch die Kraft der Maschine bewirkt wird, ist in Fig. 4 und 5, Taf. XXIX, dargestellt. I ist die Saug- und P die Steigeröhre; zwischen beiden sind die Ventile N und O befindlich, und der Raum zwischen beiden ist durch die gekrümmte Röhre Q mit der Kolbenröhre L verbunden. Diese letztere ist unten mit einer Stopfbüchse M versehen, durch welche der massive Kolben K geht. Dieser steht durch die doppelten Stangen RR, Fig. 5 (hier des Raumes wegen gebrochen dargestellt), welche zu beiden Seiten der Kolbenröhre angebracht worden sind, so wie durch die Querstücke SS, mit dem Schachtgestänge C in Verbindung. Um eine vollkommen senkrechte Bewegung des Kolbens zu bewirken, ist unten mit demselben eine genau abgedrehte eiserne Stange verbunden, welche durch eine, in einem Balken befindliche, genau ausgebohrte eiserne Büchse geht. Im Tiefsten des Schachts sind diese Sätze natürlich nicht gut anwendbar, da die Kolbenröhre tiefer, als die Saugröhre liegt, oder wenn man diese auch weit höher als in der Fig. 4 macht, das Wasser doch leicht bis zu der Stopfbüchse aufgehen könnte.

Eine ganz vorzügliche und sehr sinnreiche Construction haben die Pumpen, welche durch die, in der ersten Abtheilung des Werks mit Hülfe der Fig. 1 und 2, Taf. XIII, beschriebenen Wassersäulenmaschine zu Huelgoat in der Normandie in Bewegung gesetzt werden. Wir beschreiben sie mit Hülfe der Fig. 10, 11 und 12, Taf. XXVIII, von denen erstere ein senkrechter Durchschnitt des ganzen Satzes, die zweite ein senkrechter Durchschnitt des Kolbens, und die dritte ein Grundriß desselben ist. Fig. 10 ist in dem vierzigsten Theile der natürlichen Größe abgebildet, die Fig. 11 und 12 im zehnten Theile.*

* Nach den Annales des Mines, 1835, Ve. livr. p. 260 etc. und daraus im polytechn. Centralblatt, 1836, Nr. 17.

Wenn der Kolben P der im Schachttiefsten stehenden Hubpumpe von dem Schachtgestänge aufgezogen wird, so drückt er das über ihm befindliche Wasser durch T′ nach L und dann durch das gehobene Steigventil S′ in die Druck- oder Steigröhre B. Geht er dagegen nieder, so wird durch den Luftdruck das Wasser aus dem Sammelkasten B′ in das Saugrohr A gedrückt und nach gehobenem Saugventile S über den Kolben P getrieben. Der Stiefel oder das Kolbenrohr ist von Bronze und ganz bis auf den obern, etwas erweiterten Theil ausgebohrt und polirt, unten offen und oben mit einer Stopfbüchse versehen, welche zwei rinnenförmige Lederscheiben bilden, deren specielle Einrichtung in der vorhergehenden Abtheilung bei der Huelgoater Wassersäulenmaschine auf Seite 248 beschrieben worden ist. Der Kolben, dessen wirkende Fläche 0,14 Quadratmeter beträgt und die Kolbenstange sind aus dem Ganzen, ebenfalls von Bronze, und die letztere P ist oberhalb mit einer Stulpliederung versehen, die mit der Kupferplatte O aufgeschraubt wird, und 27 Centimeter hoch den Stiefel berührt. Die an der untern Fläche von P zuerst angebrachte gleiche Liederungsmethode mußte wegen geringer Haltbarkeit beim Einflusse der Luft bald gegen die in Fig. 11 und 12 abgebildete vertauscht werden, bei welcher der Theil p von unten an P geschraubt wird, in den gelassenen Zwischenraum dagegen ein Lederring durch die acht Sectorstücke l und die Feder l′ nach außen gegen den Stiefel gedrückt wird, und so dem Luftdrucke beim Kolbenniedergange entgegenwirkt. Der Ventilkasten besteht aus den beiden Theilen L und L′, von welcher sich der obere mittelst der einfachen Stulpliederung rr′ wasserdicht in das Steigrohrende B mündet und bei r′ einen Spund hat, der untere dagegen durch T mit der Kolbenröhre verbunden ist, und bei r einen Spund hat. Die Kegelventile S und S′ ruhen auf beweglichen Ventilsitzen, von welchen der obere in der Verbindungsfuge zwischen L und L′ befestigt ist, der untere auf der Saugrohrmündung aufsitzt, und durch drei Keile a am Umfange festgehalten wird. Von den vier unter einander angeschraubten Saugröhren ist die untere mit einer Bodenplatte verschraubt, in welcher zwei Klappenventile xx′, um den Steg x″ beweglich, angebracht sind. Sie bestehen aus Leder- und Kupferplatten und werden zum Angießen der Pumpe erfordert. Soll dieselbe nämlich von Neuem in Gang gebracht werden, so setzt man durch das Rohr uu, die Steigröhre mit der Saugröhre in Verbindung, füllt dadurch letztere und führt die gepreßte Luft durch die Oeffnung der Preßschraube w im Spunde r weg. Strömt an diesem Punkte Wasser aus, so schraubt man w zu, schließt u und u_1, und wird dadurch die Pumpe in den Stand gesetzt haben, ihr Spiel so sanft wie immer gleich zu beginnen.

Der untere Theil der Steigröhre bis zu 61 Meter unter der Stollensohle besteht aus 2,3 Meter langen und 0,275 Met. im Lichten weiten gußeisernen Röhren, deren Stärken von unten nach oben in fünf gleich langen Abtheilungen in dem Verhältnisse der Zahlen 56, 48, 40, 32, 24 abnehmen. Sie sind mittelst eingeschobener, in der Mitte ausgetriebener und zusammengeschraubter Kupferringe verbunden. Die obigen Steigröhren haben die Dimensionen der Einfallröhren der Wassersäulenmaschine.

Um die Wirkung der Pumpe stets in Controle halten zu können, dient zuerst der offene Stiefel, durch welchen

der geringste Wasserverlust vermöge schlechter Kolbenliederung bemerkbar gemacht wird; um aber auch von dem Schluß der Ventile versichert zu sein, dient die Sicherheitsklappe an dem Saugrohre A 2, welche in einem herausgehenden, nach oben gebogenen Rohre W besteht, dessen obere Oeffnung, höchstens gleich dem Atmosphärendrucke, verschlossen wird. Will man nun sehen, ob das obere Ventil schließt, so werden die Hähne u_2 und u_3 geöffnet. Wenn das Sicherheitsventil geschlossen bleibt, so ist das Ventil noch im guten Zustande, sobald aber ersteres gehoben wird, und Wasser mit großer Kraft austritt, so ist dieß ein Zeichen, daß das Steigrohr mit dem Saugrohr in Verbindung steht, woran nur der schlechte Schluß des obern Ventiles Schuld sein kann. Will man dagegen das untere Ventil probiren, so braucht man nur die Hähne u und u_2 zu öffnen und das Verhalten von W zu beobachten.

Nach angestellten Versuchen bleibt die hier beschriebene Pumpe, wenn Alles in gutem Stande ist, nur um $^1/_{10}$ hinter der berechneten Ausgußmenge zurück, ein günstiges Resultat, das man theils der senkrechten Bewegung der Kegelventile zu verdanken hat, theils dem langsamen Uebergange des Kolbens aus Bewegung in Ruhe und umgekehrt, theils der Liederung und guten Zusammensetzung des Kolbens und der Ventile. Die Metallmischung, welche während eines vollen Jahres angestrengter Arbeit der Einwirkung des vitriolischen Wassers widerstand, besteht aus Kupfer, Zink, Zinn und Blei, und zwar in folgenden Verhältnissen: beim ersten Ventil: 85, 2, 11, 2; beim zweiten Ventil: 88, 5, 6, 1; beim Kolbenrohr: 87, 4, 8, 1. Die Kolbenliederung hatte sich nach halbjährigem Gebrauch noch nicht im Geringsten verschlechtert.

Zur Verbindung ebener Flächen hat man sich eines Kittes bedient, der aus gepulvertem, ungelöschtem Kalk, stark mit Baumöl versetztem Leinöl, und in kleine Stückchen geschnittenem Hanf besteht, welche Gemengtheile sehr sorgfältig unter einander gerührt sind, bis zu einer Consistenz, daß man mit dem Finger schwer eindringen kann. Soll der Kitt schnell hart werden, so setzt man etwas Mennige hinzu. Alle Röhren wurden erst mit einer hydraulischen Presse probirt, wobei sich fast die Hälfte als porös zeigte, und zuerst mit Oel mit derselben Presse probirt werden mußte, worauf nicht das mindeste Wasser durchging. Dieß hat den großen Vortheil mit sich geführt, daß das an dem Gußeisen anhängende Oel die Röhren fast gänzlich vor der Einwirkung der vitriolischen Wasser schützt. Zur leichtern Auswechselung befinden sich acht Compensationsröhren in der ganzen senkrechten Röhrentour. — Für den Fall eines Gestängbruches ist dem Kolben oberhalb der Cylinderöffnung ein unüberwindliches Hinderniß entgegengesetzt.

Das Schachtgestänge an der einen Maschine zu Huelgoat besteht aus Eisen und ist einer Kette ähnlich, wie sie bei Kettenbrücken angewendet werden, jedoch mit noch mehr Sorgfalt gearbeitet. Es besteht aus vier einzelnen Stangenzügen mit quadratischem Querschnitte, von denen zwei und zwei zu einem einzigen Kettenzuge verbunden sind. Jeder solche einzelne Zug ist in Theile von $3^1/_2$ Meter Länge getheilt, welche durch das Ende der verbundenen Eisenstäbe gebildet werden; diese Verbindung wird aber allemal durch drei Platten bewirkt, welche an beiden Enden durchlochte Bolzen hindurch lassen, die zugleich durch die

Köpfe der einzelnen Stäbe gehen. Die Verbindungsstellen der beiden Kettenzüge liegen neben einander, und die darin befindlichen 6 Platten sind durch ein umgelegtes eisernes Band so mit einander verbunden, daß noch etwas Flucht zur Bewegung vorhanden ist. Da das Gestänge je höher, desto mehr an eigener Last zu tragen hat, so ist es in vier gleich lange Abtheilungen von verschiedenen Dimensionen getheilt, die von oben nach unten zu in dem Verhältniß von 49, 47, 45 und 43 Millimetern abnehmen. Um bei dieser Einrichtung einen vollkommen gleichen Zug zu erhalten, welches blos von vollkommen gleichmäßiger Construction von vier zusammengehörigen Stangen und Bolzen abhängt, wurden die Stangen alle kalt gelocht und die Bolzenlöcher von vier zusammengehörigen zugleich ausgebohrt. — Das Gewicht des Gestänges ist durch Anwendung eines hydraulischen Balanciers oder durch den Druck einer Wassersäule, wovon wir weiter oben näher redeten, äquilibrirt.

Soll das Wasser nur 300 bis 350 Fuß hoch gehoben werden, so ist nur eine Kolbenröhre oder ein Satz erforderlich, und man bewerkstelligt alsdann die Bewegung durch eine doppelt wirkende Dampfmaschine mit einem Schwungrade. Ein Gegengewicht ist alsdann unnöthig.

Die Vortheile und die Nachtheile der Saug- und der Druckpumpen, kurz zusammengefaßt, sind folgende: Die Vortheile der Saugpumpen bestehen darin, daß die erste Kraftäußerung eine ziehende ist, wodurch sehr selten nur Brüche veranlaßt werden; daß sie weniger Raum in den Schächten einnehmen, da die Kolbenstangen in den Steigröhren selbst befindlich sind; daß, wenn man die Stärke der Stangen gehörig einrichtet, die zu überwindende Last beim Auf- und beim Niedergange des Kolbens fast gleich ist. Der Ausfluß des Wassers findet ohne Absatz statt.

Ein Nachtheil ist die Reibung, welche das Wasser beim Niedergange des Kolbens erleidet, sowohl gegen die Wände der Röhren, als auch gegen die Kolbenstange, die sich in entgegengesetzter Richtung von der des Wassers bewegt. Diese Reibung ist, bei übrigens gleichen Umständen um so beträchtlicher, je stärker die Kolbenstange ist, und je weniger Platz dem Wasser bleibt.

Bei den Druckpumpen mit massivem Kolben ist die Wirkung derselben stoßend, weßhalb weit eher Brüche entstehen. Daher sind weit stärkere Gestänge erforderlich, die weit mehr Platz in den Schächten einnehmen. — Der Ausfluß des Wassers ist nicht ununterbrochen, oder die Pumpe müßte denn doppelt wirkend, oder mit einem Windkessel versehen sein. — Dagegen ist bei den Druckpumpen die Reibung weit geringer, als bei den Saugpumpen, weshalb jene denn auch da, wo man nur eine geringe bewegende Kraft hat, den Vorzug verdienen.

Druckwerke, bei denen das Saugventil unmittelbar in dem zu hebenden Wasser liegt, werden jetzt nur noch selten angelegt, indem sie den Nachtheil haben, daß die im Wasser enthaltenen Unreinigkeiten durch das Ventil angesaugt und gemeinschaftlich mit dem Wasser durch die Steigröhre gefördert, hierbei aber in kurzer Zeit die Liederung der Kolben und das Kolbenrohr abgenützt werden. Ist aber eine solche Maschine mit einem Saugrohre verbunden, so fallen die schwerere, im Wasser befindlichen Körper, bevor sie an das Saugventil gelangen, wieder in den Fluß oder Sumpf zurück, und es wird ein reineres Wasser gefördert.

Die vereinigten Saug- und Druckpumpen sind daher bei weitem die zweckmäßigsten und am häufigsten angewendeten.*

Sie werden auch hauptsächlich bei einer andern wichtigen Benutzung der Pumpen, nämlich in Städten gebraucht, um das Wasser für die Bedürfnisse der Einwohner in eigene, auf Thürmen aufgestellte Behälter zu treiben, von wo es dann durch Röhrenleitungen den öffentlichen Plätzen und den Häusern zugeführt wird. In England, wo solche Druckwerke gewöhnlich durch Dampfmaschinen betrieben werden, sind dieselben mit gußeisernen Windkesseln in Verbindung, in denen sich das Wasser sammelt, und durch den Druck der komprimirten Luft in Röhrenleitungen an den Ort seiner Bestimmung geführt wird. Beinahe in allen Städten von Deutschland, wo man in der Lage war, Wasserkraft zum Betriebe anzuwenden, befinden sich solche Druckwerke, und es sind mehre derselben mit großer Vollkommenheit ausgeführt, z. B. das Druckwerk in Augsburg, welches Herr v. Reichenbach im Jahre 1820 daselbst erbaute; das Wasser wird hiemit auf eine Höhe von 100 Fuß senkrecht durch ein Wasserrad getrieben und liefert in jeder Stunde ungefähr 1500 baier'sche Eimer.

Das Wasserdruckwerk besteht aus vier messingenen eilfzölligen Cylindern, welche neben einander stehen, und von denen je 2 und 2 durch eine fünfzöllige Röhre mit einem Ventilkasten verbunden sind, in denen sich 2 Saug- und 2 Druckventile befinden. An der untern Fläche eines jeden Ventilkastens ist eine fünfzöllige Saugröhre befestigt, an welcher im Wasserbehälter kupferne Siebe angebracht sind. An der obern Fläche jedes Ventilkastens ist eine fünfzöllige Röhre zur Fortleitung des gehobenen Wassers angebracht; beide Röhren der zwei Ventilkästen vereinigen sich aber mit der gemeinschaftlichen Steigröhre von 7 Zoll Weite. Mittelst der letztern wird das Wasser in den, in 100 Fuß Höhe angebrachten Behälter gefördert.

Die Kolbenstangen je zweier Cylinder sind an den Enden eines eisernen Druckhebels befestigt; ein dritter schief liegender Arm dieses Druckhebels ist mit der Zugstange ver-

bunden. Beide Zugstangen der 2 Druckhebel werden durch die geschmiedete eiserne Kurbel an der Wasserradwelle bewegt. Der Körper des Kolbens ist von Messing, hat aber oben eine Vertiefung und in der Mitte der letztern eine halbkugelförmige Oeffnung. In der letztern ruht das kugelförmig abgedrehete Ende der Kolbenstange und ist darin auf ähnliche Art, wie die Nuß bei einem Meßtisch befestigt. Die gehörige Bewegung der Kolbenstange wird durch eine Gabel am Ende der Druckhebel bewirkt. — Ein anderes vorzüglich construirtes Wasserwerk, welches zu Prag vorhanden ist, beschreibt Herr v. Gerstner sehr genau im dritten Bande seiner Mechanik, S. 298 ꝛc., worauf wir verweisen.

Endlich werden die vereinigten Saug- und Druckwerke auch häufig zum Betriebe von Springbrunnen verwendet, indem das Wasser mittelst derselben ebenfalls in große höher liegende Behälter getrieben wird, von wo es dann durch seine Druckhöhe den Springbrunnen in Gang setzt. Jedoch würde es viel zu weit führen, wollten wir die Benutzung der Pumpen in dem Fabrikwesen und in den Gewerben alle namhaft machen. — Eben so wenig können wir hier in die Theorie der Saug-, Druck- und der vereinigten Saug- und Druckwerke eingehen, sondern wir müssen deshalb auf die Werke von v. Gerstner, Schitko, v. Langsdorff, v. Baader, Eytelwein und Anderer verweisen.

Unter den vielen Vorschlägen, die dahin gehen, die hin- und hergehende Bewegung des Kolbens bei gewöhnlichen Pumpen durch eine ununterbrochen fortgehende, drehende zu ersetzen, zeichnet sich die Einrichtung der sogenannten amerikanischen Pumpe, die seit einigen Jahren von dem Mechaniker Farcot in Paris, in großer Vollkommenheit construirt wird, sehr vortheilhaft aus. In der Anwendung ist dieselbe höchst einfach, in der Construction aber sehr schwierig und verwickelt, und da der Beschreibung derselben eine ganze Reihe von Abbildungen beigegeben sind, so können wir dieselbe hier nicht mittheilen, sondern müssen uns begnügen, auf das polytechnische Centralblatt, Nr. 48 von 1837, zu verweisen.

Fünftes Capitel.

Von den Feuerspritzen.**

Feuerspritze nennt man eine Vorrichtung oder Maschine, durch welche Wasser, oder eine andere feuerlöschende Flüssigkeit mit einer bedeutenden Geschwindigkeit in Gestalt eines Strahles ausgetrieben wird, um damit einen, in einer bedeutenden Höhe oder Entfernung befindlichen, in Brand gerathenen Gegenstand zu erreichen, und so das Löschen des Feuers zu bewirken. Aus dem Zwecke einer solchen Maschine geht hervor, daß sie folgende specielle Bedingungen erfüllen müßte, wenn sie in allen Fällen sollte gebraucht werden können: 1) Soll die Spritze das kleinstmögliche Gewicht haben und mit Vorrichtungen versehen sein, wodurch ihre Fortschaffung erleichtert wird; 2) soll sie innerhalb des kleinstmöglichen Volums eingeschlossen sein, um sie auch in einem beschränkten Raume benutzen zu können; 3) wird ein ununterbrochener Wasserstrahl gefordert,

* Ueber die Art und Weise der Bewegung der Bergwerkspumpen, welche darzustellen hier zu weit geführt haben würde, findet man das Nöthige in meiner Bearbeitung von Villefosse, Mineralreichthum, Bd. 2, 3 und 4.

** Mit besonderer Benutzung des gleichnamigen Artikels in Prechtl's technol. Encyclopädie, Bd. IV, bearbeitet von Herrn Rettenbacher in Wien.

weil durch Unterbrechen desselben jederzeit die letztern ausströmenden Wassertheile eine kleinere Geschwindigkeit erhalten, als die übrigen, das Feuer gar nicht erreichen und daher auch gar nicht wirken; 4) muß der Strahl auf eine so bedeutende Höhe getrieben werden können, daß derselbe auch hohe Gebände erreicht; 5) soll die ausgetriebene Wassermenge möglichst groß sein und 6) endlich muß dem Wasserstrahle jede beliebige Richtung ertheilt werden können.

Nun sind aber nicht alle diese Bedingungen in einer einzigen Spritze zu erreichen, da schon die beiden ersten mit allen übrigen im Widerspruche stehen, und man sieht sich daher genöthigt, durch mehre Maschinen dieser Art, von denen jede einer gewissen Anzahl der genannten Forderungen entspricht und daher unter gewissen Umständen vorzüglich brauchbar ist, den beabsichtigten Zweck zu erreichen.

Man kann daher, in Beziehung auf die Brauchbarkeit, folgende Arten von Spritzen unterscheiden:

1) Handspritzen. Diese eignen sich, ihres geringen Volums und Gewichts wegen, vorzüglich zum Handhaben in kleinen Räumen, beim Ausbruch eines Feuers; jedoch ist ihre Wirkung gering, da sie nur von einem Menschen bewegt werden und nicht viel Wasser fassen können.

2) Tragbare Feuerspritzen können von zwei oder mehren Menschen in die Nähe des Feuers getragen und von 2, 4 bis 6 Menschen bewegt werden. Sie haben eine weit bedeutendere Wirkung als die vorhergehenden und können auch, wegen ihres nicht sehr bedeutenden Volums, in engen Räumen gebraucht werden.

3) Wagenspritzen sind solche Spritzen, die des leichtern Transports wegen auf einem Wagengestell ruhen und durch Pferde an den Ort ihrer Wirkung gezogen werden, da ihr größeres Volum und ihre bedeutendere Schwere keine andere Art der Fortschaffung erlaubt. Sie können eine weit bedeutendere Wassermenge fassen, als die beiden vorhergehenden Arten und können sie auf bedeutende Höhen treiben; allein zu ihrer Bewegung sind viel Menschen erforderlich, weshalb und wegen ihres bedeutenden Volums, sie nicht in das Innere der Gebäude gebracht werden können. Ihre unmittelbare Wirkung erstreckt sich daher mehr auf das Aeußere der Gebäude und besonders auf die Dächer, wogegen das Wasser durch einen ledernen oder leinenen Schlauch, der mit der Spritze in Verbindung gesetzt an jeden beliebigen Ort, auch im Innern der brennenden Gebände, innerhalb seiner Länge, geleitet werden kann. — Um den Spritzen eine noch größere Wirksamkeit zu geben, als dieß Menschenkräfte vermögen, läßt man sie auch von Dampfmaschinen, die ebenfalls auf dem Wagengestelle ruhen, betreiben. — Von einer vierten Art der Spritzen, den Brunnenspritzen, redeten wir schon kurz im vorhergehenden Capitel. Endlich giebt es auch noch Spritzen, die auf einem Kahn liegen, sogenannte Prahmspritzen, und die in der Nähe des Flusses ausbrechenden Feuer löschen können.

I. Allgemeine Einrichtung der Feuerspritzen. Alle Feuerspritzen stellen ein einfach oder doppelt wirkendes, mit einem Windkessel versehenes Druckwerk dar; nur ist bei ihnen, statt der Steigeröhre, ein kürzeres, mit einer engen Oeffnung sich endigendes Rohr oder ein Schlauch angebracht. Die Handspritzen sind immer einfach wirkend und haben gewöhnlich keinen Windkessel; die übrigen Spritzen

sind theils einfach, theils doppelt wirkend, haben aber, mit Ausnahme der ältern, immer einen geräumigen Windkessel.

Die wesentlichen Theile einer Spritze sind folgende: Ein oder mehre Cylinder von Messing oder Bronze, an deren Boden ein nach Innen sich öffnendes Ventil (das Boden- oder Saugventil) angebracht ist. Jeder Cylinder steht mittelst einer Röhre, der sogenannten Gurgelröhre, mit dem Windkessel in Verbindung, und an der Einmündung von jener in diesen ist ein Ventil vorhanden, welches dem Wasser wohl den Eintritt in letztern, nicht aber den Rücktritt aus demselben gestattet. Mit dem untern Ende des Windkessels steht das Gußrohr, d. h. eine Vorrichtung in Verbindung, durch welche das Wasser ausgetrieben wird. Es besteht aus mehren so gegen einander beweglichen Röhren, daß der letztern derselben jede beliebige Richtung ertheilt werden kann; oder es wird an die erste jener Röhren ein mit einer engen messingenen Röhre sich endigender Schlauch (auch Schlange genannt) angeschraubt. In den Cylindern sind Kolben befindlich, deren Kolbenstangen entweder unmittelbar, oder mittelbar durch Gehänge, welche eine geradlinige Bewegung der Kolben veranlassen, mit Hebeln (den Druckbäumen) in Verbindung gesetzt sind, an deren Enden die, zur Bewegung der Spritze bestimmte Mannschaft aufgestellt wird. Cylinder und Windkessel sind gewöhnlich in einem Wasserkasten (den Spritzenkumm) aufgestellt, welcher bei tragbaren Spritzen mit Vorrichtungen zum Tragen versehen ist, bei Wagenspritzen aber auf einem Wagengestell befestigt wird. — Das hier Gesagte wird weiter unten, bei Beschreibung einzelner Spritzen, mit Hülfe der Abbildungen, noch deutlicher werden.

Die Wirksamkeit der Spritze erfolgt auf die nachstehende Weise: Wenn die Mannschaft an den Druckbäumen arbeitet, so werden die Kolben hin und her geschoben, wodurch abwechselnd eine Vergrößerung oder Verkleinerung des Raumes zwischen den Kolben und den Saugventilen entsteht. Bei einer Vergrößerung dringt das Wasser aus dem Spritzenkumm, durch den Druck der äußern Luft, nachdem das Bodenventil dadurch auch gehoben worden ist, in den Cylinder und erfüllt den vom Kolben verlassenen Raum, wogegen das an dem Gurgelrohr vorhandene Ventil geschlossen bleibt. Bei einer Verkleinerung des genannten Raums dagegen stößt das von dem Kolben verdrängte Wasser das Bodenventil zu, öffnet das Ventil in der Gurgelröhre und dringt in den Windkessel. Verschließt man zu Anfang des Gebrauchs der Spritze entweder mit der Hand oder mittelst eines Hahns das Gußrohr, so wird durch das in den Windkessel eingetriebene Wasser die Luft in ersterm verdichtet, und da eine Verdichtung der Luft eine Erhöhung ihrer Elasticität zur Folge hat, so wird hierdurch auf die Oberfläche des Wassers im Windkessel ein Druck ausgeübt, welcher der Elasticität oder der Dichtigkeit der Luft proportional ist. Oeffnet man nun, nachdem einmal die Elasticität der im Windkessel eingeschlossenen Luft durch Verdichtung 8 bis 10mal größer als die atmosphärische geworden ist, den Hahn, oder zieht die Hand von der Mündung des Gußrohrs weg, so wird das Wasser mit einer der Differenz der Elasticitäten der innern und äußern Luft entsprechenden Geschwindigkeit durch das Gußrohr ausgetrieben, vermöge welcher es eine beträchtliche Höhe erreicht. Der Zweck des

Windkessels besteht darin, diese Geschwindigkeit des aus dem Gußrohr ausströmenden Wassers immer nahe gleich groß zu machen, damit die von dieser Geschwindigkeit abhängige Strahlhöhe ebenfalls fast stetig sei, wenn auch die Bewegung der Kolben von der Art sein sollte, daß nicht in jedem Augenblick gleich viel Wasser in den Windkessel eingetrieben würde. Es kann daher die Unveränderlichkeit der Strahlhöhe einer Spritze durch einen hinreichend großen Windkessel erreicht werden; so wie denn auch auf der andern Seite die Wirkung einer Spritze ohne Windkessel sehr schlecht ist.

Um eine Spritze mit möglichst geringster Kraft betreiben zu können, sind die Verhältnisse ihrer Bestandtheile wohl zu berücksichtigen, weshalb wir hier näher davon reden wollen.

Ventile und Communicationsröhren. — Das Wasser wird, wie wir schon weiter oben erklärt haben, durch die Saugventile eingesogen, durch die Gurgelröhren in den Windkessel getrieben und von da durch das Gußrohr ausgespritzt. Je weiter die Ventile und die Röhren sind, desto geringer ist auch die Geschwindigkeit, mit welcher sich das Wasser durch dieselben bewegt. Die Kraft aber, welche diese Geschwindigkeiten erzeugt, muß von den Arbeitern erzeugt werden, bringt keinen Nutzeffect hervor und verhält sich umgekehrt wie die obengenannten Querschnitte. Um daher diesen Kraftverlust möglichst zu verringern, muß man die Ventile und Communicationsröhren möglichst weit machen. Die Größe der erstern hat jedoch eine gewisse Gränze; denn große Ventile haben ein bedeutendes Gewicht, das eine bedeutende Kraft zum Oeffnen erfordert, welche ebenfalls für das Austreiben des Wassers als verloren angesehen werden muß. Es ist immer hinreichend, wenn man den Ventilöffnungen den vierten Theil der Größe des Stiefelquerschnittes giebt.

Die Saugventile sind entweder Kegel-, Muschel- oder Klappenventile. Muschelventile sind die gewöhnlichern; sie verdienen den Vorzug vor den Kegelventilen, da sie wegen ihrer sphärischen Gestalt immer anschließen, wenn sie auch etwas schief auffallen, welches aber bei letztern nicht der Fall ist. Die Klappenventile bestehen entweder aus eben geschliffenen, viereckigen oder runden Messingplatten, welche um Gewerbe beweglich sind; oder man schraubt eine Lederscheibe zwischen zwei Metallscheiben, von denen die eine etwas kleiner und die andere etwas größer ist, als die Ventilöffnung, so daß sich die Lederscheibe auf den Rand der Oeffnung anlegen kann. Eine Verlängerung der Lederscheibe dient dann zu gleicher Zeit als Gewerbe. — Die Gurgelröhrventile sind stets schiefliegende Klappenventile, und es muß bei ihnen die Breite wenigstens doppelt so groß sein als die Höhe, damit durch eine kleine Erhebung des Ventiles schon eine hinreichende Oeffnung für das Durchtreten des Wassers entstehe. Um die Reibung des Wassers in den Röhren möglichst zu vermindern, müssen sie recht glatt sein.

Häufig werden Spritzen zur Herbeischaffung des Wassers verwendet und heißen dann Zubringer. Die Spritze, welche als solcher dienen soll, wird zu dem Ende entweder in die Nähe des Feuers geschafft und die Saugventile durch einen ledernen Schlauch — welcher in diesem Falle durch Spiraldrähte ausgesteift sein muß, damit ihn die Atmosphäre nicht zusammendrücke und den Durchgang des Wassers hemme oder gar hindere — mit dem Wasserbehälter, der aber höchstens 24 Fuß tiefer, als der Boden liegen darf, auf welchem die Spritze steht, in Verbindung gebracht; oder man stellt den Zubringer an die Wasserquelle, füllt ihn beständig mit Wasser und drückt dieses durch einen statt des Gußrohrs aufgeschraubten Schlauch der in der Nähe des Feuers stehenden Spritze zu. Die letztere Art des Zubringers hat den Vorzug vor der erstern, indem dann der Schlauch nicht ausgesteift zu sein braucht, was Schwierigkeiten hat, und weil dann jede Spritze als Zubringer angewendet werden kann, wogegen bei der erstern Art sie so eingerichtet sein müssen, daß die Communication der Saugventile mit dem Saugschlauche hergestellt werden kann.

Man muß zwar, wie schon bemerkt, im Allgemeinen annehmen, daß je größer der Windkessel sei, die Strahlhöhe desto mehr sich einer unveränderlichen Gränze nähere. Hat jener aber einmal eine gewisse Größe, so verändern die Erhöhungen derselben die Strahlhöhe nur unbedeutend, wogegen durch einen größern Windkessel der Raum beschränkt und der Preis der Spritze erhöht wird. Es ist daher hinreichend, demselben bei Spritzen mit zwei einfach oder mit einem doppelt wirkenden Stiefel das Vierfache des Volums von dem eines Stiefels zu geben, oder da man ihn gewöhnlich cylindrisch und so hoch wie diesen macht, den Durchmesser doppelt so groß, wie den des Stiefels zu nehmen. Uebrigens ist die Form des Windkessels gleichgültig; gewöhnlich wählt man die cylindrische oder kugelförmige, als die am leichtesten herzustellenden. — Das zweckmäßigste Material für die Windkessel ist Kupferblech, und seine Metalldicke muß so groß genommen werden, daß derselbe nicht zerspringt, wenn die größtmögliche Menschenanzahl, welche an den Druckbäumen Platz haben, mit äußerster Kraftanstrengung bei geschlossenem Gußrohr an der Spritze arbeitet. Calcul und Erfahrung haben für diese Metalldicke 1 Linie gefunden.

Es ist für die vortheilhafteste Kraftanwendung nicht gleichgültig, mit welcher Geschwindigkeit sich der Kolben bewegt. Ist sie groß, so braucht man zur Austreibung einer gewissen Wassermenge in einer gewissen Zeit nur einen kleinen Kolben; allein ein solcher erfordert wegen der Reibung viel Kraft, weshalb in dieser Beziehung ein größerer Kolben mit einer geringern Geschwindigkeit vortheilhaft wäre. Die Größe des Kolbens hat aber auch ihre Gränze, da nicht allein mit derselben die Schwierigkeit einer dichten Liederung steigt, sondern auch alsdann die Größe der ganzen Spritze zunehmen muß. Beide Umstände zeigen, daß nur eine gewisse Geschwindigkeit des Kolbens erreicht werden könne, und zwar beträgt diese, der Erfahrung zufolge, 1 Fuß in der Secunde. Eben so wird nur bei einer gewissen Geschwindigkeit der an dem Druckbaum arbeitenden Mannschaft ein Maximum der Wirkung hervorgebracht, und es beträgt diese nach vielen, mit Spritzen angestellten Versuchen 5 Fuß in einer Secunde. Es muß alsdann das Verhältniß der Abstände des Einhängepunktes der Kolbenstangen und des Angriffpunktes der Arbeiter vom Drehungspunkte des Druckbaumes 1 : 5 betragen. Dieselben Versuche haben gezeigt, daß bei dieser Geschwindigkeit jeder Arbeiter mit einer Kraft von 25 bis

36 Pfund zu drücken vermag, so daß die Wirkung eines Arbeiters aus 5 × 25 = 125 bis 5 × 36 = 180 gerechnet werden kann. Dieser Effect ist allerdings bedeutend groß; aber bei Feuersgefahr kann man immer auf große Anstrengung und häufigen Wechsel der Mannschaft rechnen. — Der Angriffspunkt der Arbeiter am Druckbaum muß, bei horizontaler Stellung des letztern, ungefähr $3\frac{1}{2}$ Fuß über dem Boden liegen, so daß die Bewegung 2 Fuß über und 2 Fuß unter diese mittlere Stellung geschehe, und demnach der ganze vom Angriffspunkte zurückgelegte Weg 4 Fuß beträgt. Es ergiebt sich hieraus ein Kolbenhub von 8 bis 9 Zoll.

Beim Durchgange durch das Gußrohr reiben sich die Wassertheilchen an der innern Fläche desselben, wodurch die Geschwindigkeit des Wassers vermindert wird. Es ist daher von Wichtigkeit, die dem Gußrohr zu gebende Oeffnung zu bestimmen, welche erforderlich ist, um mit einer Spritze von gegebenen Dimensionen den Strahl auf eine gewisse Höhe zu treiben. Da jedoch die Höhen, auf welche der Strahl mit einer und derselben Spritze getrieben werden soll, verschieden ist, so ist es gut, wenn größere Spritzen mit verschiedenen Gußrohrmündungen versehen sind, weil man dann auf geringern Höhen durch eine weitere eine bedeutendere Wassermenge spritzen kann. — Was nun die Form des Gußrohrs betrifft, so wäre es wohl am vortheilhaftesten, den Querschnitt desselben bis nahe an die Mündung so groß als möglich zu machen, die Gußmündung aber nach der Gestalt eines durch kurze Ansatzröhren gehenden Wasserstrahls zusammen zu ziehen. Gewöhnlich wird jedoch das Gußrohr von der Stelle an, wo es aus dem Windkessel tritt, bis zur Mündung konisch gemacht, und zwar so, daß der untere Querschnitt etwa viermal so groß ist, als der obere. Die Gußmündung muß immer rein und glatt erhalten werden, denn die mindeste eckige Hervorragung oder Vertiefung an derselben bewirkt sogleich eine Ablenkung von der Richtung der mit so großer Geschwindigkeit sich bewegenden Wassertheilchen, welche ein völliges Zertheilen der Strahlen zur Folge hat und daher auf die Strahlhöhe sehr nachtheilig einwirkt. Die nähere Einrichtung des Gußrohrs werden wir weiter unten näher kennen lernen.

Die Hauptdimensionen einer Feuerspritze richten sich nach dem Durchmesser der Stiefel oder Cylinder, und diese nach der Anzahl der die Spritze in Bewegung setzenden Arbeiter. Es ist daher ein wesentlicher Gegenstand, für jede gegebene Arbeiteranzahl die Durchmesser der Stiefel und umgekehrt aus dem letztern die zum Betriebe erforderliche Arbeiteranzahl zu bestimmen. Für eine Spritze mit zwei einfach oder einem doppelt wirkenden Stiefel, die durch 16 Mann bearbeitet wird, bei welcher das Wasser unmittelbar durch den Spritzenkumm eingesogen und durch das Gußrohr ausgespritzt wird, und die den Strahl auf 96 Fuß Höhe treiben soll, findet man z. B. mittelst einer Rechnung, die wir hier übergehen müssen, den Durchmesser

$$D = \sqrt{\frac{16}{(2{,}7 + 0{,}04 \,.\, 17)\; 17}} = 0{,}52 \text{ Fuß oder}$$

6 Zoll 3 Linien. Hierbei ist die in jeder Secunde ausgespritzte Wassermenge = 0,174 Kubikfuß. Für eine Spritze,

die durch 8 Mann bearbeitet werden soll und den Strahl auf 78 Fuß treibt, findet man:

$$D = \sqrt{\frac{16}{(2{,}7 + 0{,}04 \,.\, 13)\; 13}} = 0{,}436 \text{ Fuß oder}$$

nahe 5 Zoll, und die in jeder Secunde ausgetriebene Wassermasse = 0,15 Kubikfuß.

Bei Spritzen mit einem einfach wirkenden Stiefel ist während der Zeit, in welcher der Kolben das Einsaugen des Wassers bewirkt, nur die Kolbenreibung und der Widerstand, welchen die Beschleunigung des Wassers in den Ventilen der Bewegung entgegensetzt, zu überwinden, während beim Eintreiben des Wassers in den Windkessel, außer diesen beiden Widerständen, die Reaction der im Windkessel comprimirten Luft überwunden werden muß. Es kann daher das Erheben in einer weit kürzeren Zeit geschehen, als das Niederpressen des Kolbens; und zwar kann man annehmen, daß erstere Zeit halb so groß ist als letztere.

Für eine Spritze, welche in jeder Secunde eine Wassermenge von 0,2 Kubikfuß auf eine Höhe von 60 Fuß treiben soll, findet man die Arbeiteranzahl, bei zwei Stiefeln gleich 8 und bei einem Stiefel 9.

Beim tiefsten Stande des Kolbens reicht seine untere Fläche bis an die obere Kante der Gurgelröhre; in der höchsten Stellung des Kolbens darf sich seine obere Fläche höchstens auf 1 Zoll dem obern Rande des Stiefels nähern; endlich ist gewöhnlich noch der untere Rand des Gurgelrohrs um $1\frac{1}{2}$ bis 2 Zoll von dem untern Rande des Stiefels entfernt. Da ferner die Kolbenbewegung 8 bis 9 Zoll beträgt, die Höhe des Kolbens nur 3 bis 4 Zoll und die Höhe der Gurgelröhre = 3 Zoll gesetzt werden kann, so findet man hieraus leicht die ganze Länge des Stiefels, indem diese gleich der Summe aller genannten Dimensionen, d. h. $16\frac{1}{2}$ bis 19 Zoll ist.

Nach diesen allgemeinen Betrachtungen über die Feuerspritzen wenden wir uns nun zu einer speciellen Beschreibung einiger der besten Arten derselben.

II. Besondere Constructionen. — Die Handspritzen lassen wir hier als sehr einfache und allgemein bekannte Maschinen gänzlich unberücksichtigt und wenden uns sofort zu den

tragbaren Spritzen, von denen es mehre Arten giebt, unter denen wir die von Pontifex in London construirte hier beschreiben, indem sie sich vorzüglich wegen des kleinen Raumes, den sie einnimmt, auszeichnet, weshalb sie auch in England und Frankreich hauptsächlich als Schiffsspritze angewendet wird. Fig. 1, Taf. XXX, stellt einen Längen- und Fig. 2 einen auf diesem senkrecht stehenden Querdurchschnitt der Spritze vor. A ist der Spritzenkasten. Der Boden ist mit den, um die Gewerbe f beweglichen Tritten e versehen, welche niedergeklappt werden (der auf der linken Seite befindliche ist zur Ersparung des Raumes weggelassen) und auf die sich ein Theil der Mannschaft, welche die Spritze bewegt, stellt, um einen sichern Stand der Spritze hervor zu bringen. Der obere Theil des Spritzenkastens besteht aus zwei Hälften, welche sich um die Gewerbe a drehen und geschlossen durch den Haken b (Figur 2) zusammengehalten werden. Um die Spritze bequem tragen zu können, sind an dem Kasten 4 Haken angebracht,

in welche die herauszuziehenden Druckbäume M, gelegt und so zum Tragen verwendet werden.

h ist das auf dem Boden des Spritzenkastens angeschraubte Grundwerk. An das obere Ende der an das Grundwerk angeschraubten Saugröhre l wird ein mit einem Seiher versehener, lederner, mit Spiraldrähten ausgesteifter Schlauch angeschraubt. Durch diesen Schlauch wird das Wasser durch die Spritze eingesaugt, indem der Seiher in ein, in die Nähe der Spritze geschafftes, mit Wasser gefülltes Gefäß getaucht wird. Auf das Grundwerk sind die beiden Cylinder oder Stiefel C angeschraubt. An diese Cylinder sind die Gurgelröhren D angegossen, und an die Ränder der letztern ist der, aus Kupferblech verfertigte Windkessel E mit Schrauben befestigt. l und r sind Ventile, deren Einrichtung aus der Figur erhellet; F ist der Kolben. Dieser besteht aus zwei, zwischen Metallscheiben geschraubten Lederkappen, wovon eine nach aufwärts, die andere nach abwärts gewendet ist; t ist die Kolbenstange, mit welcher unten das Gehänge G in Verbindung steht, dessen oberes Ende in den Druckhebel HKL eingehängt ist. Um dem Kolben eine vollkommen geradlinigte Bewegung zu ertheilen, ist auf dem Cylinder ein Bügel t' (Fig. 1) angeschraubt, welcher in der Mitte eine cylindrische Oeffnung hat, in welcher die Kolbenstange t auf und nieder spielt. Auf den vier Pfoten gv, welche in Fig. 1 an dem Grundwerk ersichtlich, sind die zwei Ständer x angeschraubt. In denselben liegen die Zapfen der Drehungsaxe R des Hebels HKL; und durch die eine der an diesen Ständern sichtbare Ausbauchung geht die an dem Windkessel angelöthete Röhre pq, an welche ein lederner oder leinener Schlauch geschraubt wird, dessen Ende ein Gußrohr bildet. Um den Kolbenhub innerhalb der erforderlichen Grenzen zu erhalten, sind zwei Querstangen N angebracht, welche durch zwei Streben, deren eine y an den Ständer x, und die andere z durch P an den Spritzenkasten befestigt ist, unterstützt werden. Das Grundwerk, die Cylinder, das Saugrohr und das Gußrohr sind von Messing, der Windkessel von Kupferblech, und die übrigen Theile — der Spritzenkasten, die Druckbäume und Schläuche natürlich ausgenommen — von Schmiedeeisen.

Das Volum des Windkessels beträgt fast das Vierfache von dem eines Stiefels; um demselben aber in dem beschränkten Raume eine solche Größe geben zu können, mußte er die aus der Zeichnung ersichtliche, etwas schwierig darzustellende Form erhalten. Der Durchmesser der Stiefel ist 5 Zoll, und das Verhältniß der Abstände des Druckbaums = 1 und des Einhängepunktes der Kolbenstangen = 3. Auf jeder Seite der Spritze können 3 oder 4 Arbeiter, also im Ganzen 6 oder 8 verwendet werden. Die mit dieser Spritze zu erreichende Strahlhöhe beträgt 45 bis 55 Fuß.

Von den Wagenspritzen ist die gewöhnlich in Deutschland angewendete allgemein bekannt und bedarf daher keiner weitern Beschreibung, dagegen betrachten wir eine andere, die von dem Engländer Bramah construirt und sehr häufig in Gebrauch gekommen ist, deren Einrichtung aber von den gewöhnlich angewendeten sehr abweicht.

Auf Taf. XXX ist Fig. 3 ein Längen- und Fig. 4 ein Querdurchschnitt dieser Spritze gegeben. Auf den eisernen Axen eines vierrädrigen Wagengestelles sind hölzerne, oben kreisförmig ausgeschnittene Sättel a angebracht, in welche der die Form eines cylindrischen Fasses habende Spritzenkasten gelegt wird. Dieses, aus gespundeten Brettern zusammengefügte und mit eisernen Radreifen umfangene Faß hat drei Abtheilungen: A, B, C. A ist zur Aufnahme des Spritzencylinders bestimmt; der mittlere Theil B dient als Wasserkasten; der dritte Theil C endlich enthält in der Mitte eine kurze Axe, deren Zweck weiter unten erklärt werden wird. Bei a ist in dem Fasse eine länglichte Oeffnung angebracht, welche mit einem passenden Deckel verschlossen werden kann. Diese Oeffnung ist zur Reinigung des Fasses erforderlich. Auf die mit Holzschrauben an dem Fasse befestigte Röhre b wird, wenn das Faß mit Wasser gefüllt werden soll, ein Trichter aufgesteckt, und durch denselben das Wasser eingelassen. Auf dem Fasse ist noch ein aus zwei Abtheilungen bestehender, mit Deckel verschließbarer Kasten D befestigt. In der kleinern Abtheilung befindet sich der Windkessel E, in der größern hingegen werden verschiedene Feuerlöschapparate aufbewahrt. An dem Boden des Raumes A ist ein Hahn c angebracht, durch welchen das Wasser aus der Tonne abgelassen werden kann. Der messingene Spritzencylinder d, von 10 Zoll Durchmesser (im Lichten) und 7 ½ Zoll Länge ist mit vorstehenden Rändern versehen, an welche die gußeisernen, mit Messingplatten gefutterten Deckel e angeschraubt sind. Auf dem obern Theile des Spritzencylinders d ist die Röhre g, an dem untern die Ansatzröhre h mit Schrauben befestigt. An die Röhre g ist der aus Kupferblech getriebene Windkessel E angelöthet; an die Ansatzröhre h hingegen ist die mit einer konischen Hülse versehene Röhre i angeschraubt. In diese Hülse paßt ein konischer, rechtwinklig durchbohrter Hahn k, durch dessen Stellung entweder die Communication des Spritzencylinders mit der äußern Luft oder mit der Tonne A hergestellt werden kann. Durch die Mitte des Cylinders d und durch die beiden gußeisernen Deckplatten desselben geht eine Axe l aus Rothguß. Das eine Ende dieser Axe dreht sich in einer Art Büchse, welche an dem einen Deckel angegossen ist; für das andere Ende hingegen ist in dem Deckel F ein ausgefuttertes Loch angebracht. Zwischen dem Deckel F und der ersten Deckplatte e ist auf der Axe l ein Hebel m mittelst eines eisernen Bolzens befestigt. Dieser Hebel reicht durch einen an der Tonne beiderseits angebrachten Schlitz aus derselben hervor und ist daselbst mit einer cylindrischen Büchse versehen; dasselbe findet auch rücksichtlich des an der kleinern, in dem Raume C befindlichen Axe befestigten Hebels n Statt. Durch die Büchsen der beiden Hebel werden zu beiden Seiten des Wagens die Druckbäume o gesteckt, an welchen die Mannschaft während des Gebrauchs der Spritze arbeitet.

Die Axe l ist innerhalb des Cylinders d abgeflacht und auf diese Abflachung ist eine mit viereckigen Oeffnungen versehene Platte mittelst zweier Schrauben befestigt. Diese Platte ist noch überdieß mit zwei Rippen p versehen, um derselben eine größere Festigkeit zu ertheilen. Um zwischen dem Cylinder d und der Platte eine gehörige Verdichtung zu erzeugen, ist letztere ringsum mit Lederstreifen versehen. Die zwei Oeffnungen in der Platte sind durch Ventile verschlossen. Diese Ventile bestehen aus Leder, welches zwischen zwei Metallplatten verschraubt ist. Die obern Metallplatten sind etwas größer, die untern etwas kleiner als

die Oeffnung, und das Leder der beiden Ventile ist durch dieselben Schrauben mit der Platte verbunden, welche letztere mit der Axe l befestigen. Unter der Axe l befindet sich ein Messingstück, welches durch die Schrauben, die h mit d verbinden, an den Cylinder angeschraubt ist. Dieser Maschinentheil hat in der Mitte eine an den Cylinder genau anschließende Scheidewand, welche mit einer Nuth versehen ist, in die ein Lederstreifen angelegt worden. Zu beiden Seiten dieser Scheidewand findet man zwei, den vorhergehenden ganz ähnliche Saugventile.

An die Röhre wird vor dem Gebrauche der Spritze ein mit einem Gußrohr versehener lederner Schlauch angeschraubt. Soll das auszuspritzende Wasser aus einem Brunnen aufgesaugt werden, so versieht man die Röhre h mit einem ausgesteiften ledernen Schlauche, an dessen Ende noch überdieß ein Seiher befestigt sein kann, und läßt letztern in den Brunnen hinab. In diesem Falle muß der Hahn k so gedreht werden, daß d mit dem nach außen gekehrten Theile der Röhre h communicirt. Wird hingegen das Wasser aus der Tonne B eingesaugt, so dreht man den Hahn k so, daß d mit B communicirt.

Das Aufsaugen und Austreiben des Wassers geschieht bei dieser Spritze auf folgende Weise: Wenn die Mannschaft an den Druckbäumen arbeitet, so wird die Axe l in eine hin- und hergehende, rotirende Bewegung versetzt; dasselbe erfolgt auch hinsichtlich der auf die Axe l befestigten, mit den zwei Ventilen versehenen Platte. Hierdurch werden die zwischen diesen Ventilen und den Bodenventilen enthaltenen Räume abwechselnd vergrößert oder verkleinert. Eine Vergrößerung eines dieser Räume hat zur Folge, daß das Wasser durch den Druck der Atmosphäre, durch das diesem Raume entsprechende Bodenventil eingetrieben wird; jede Verkleinerung des zwischen dem Ventile enthaltenen Raumes hingegen bewirkt ein Uebertreten des Wassers durch das entsprechende Ventil der Platte in den Raum über der Platte. Da nun beständig beim Hin- und Herbewegen der Platte einer der rechts und links von der Scheidewand befindlichen Räume verkleinert und der andere vergrößert wird, so wird fortwährend Wasser eingesaugt und ausgepreßt und jede nicht gar zu große Ungleichförmigkeit in der Bewegung der Platte in Beziehung auf die Strahlhöhe unschädlich gemacht. — Es können an dieser Spritze an jeder Seite 5 Mann arbeiten.

Zu den vielfachen Anwendungen der Dampfkraft, die sich besonders in neuerer Zeit als vortheilhaft gezeigt haben, gehört auch die zum Betriebe von Feuerspritzen. Die Gebrüder Braithwaite in London waren die ersten, die eine solche Dampffeuerspritze 1830 erbaueten, deren mehre in London und auch eine in Berlin vorhanden sind.*

Eine genaue und sehr detaillirte Beschreibung dieser Spritze findet man in den Berliner Verhandlungen für 1826, S. 58.

Wir beschreiben mit Hülfe von Fig. 5, Taf. XXX, eine von den Londoner Maschinen, welche wie die Dampfwagen mit hohem Druck arbeitet und eine Kraft von sechs Pferden hat. Sie besteht aus zwei horizontal liegenden Cylindern, von denen der eine der Dampf-, der andere der Pumpencylinder der Druckpumpe ist. Die Kolben beider

* *Partington* descriptive account on the Steam-engine, 3. edit. London, 1836, p. 60 und Weber's Zeitblatt für Gewerbtreibende, Bd. IV, S. 49, Bd. VI, S. 513.

sitzen an einer, durch Stopfbüchsen gehenden Stange und wirken daher gleichzeitig. Durch ihre horizontale Wirkung bringt die Stange ihre eigene parallele Bewegung hervor und die Stopfbüchsen dienen als Leitungen.

aa ist das hölzerne Gestell, welches auf Federn ruht, die ihrerseits mit den Axen der Räder in Verbindung stehen. Dieses hölzerne Gerüst trägt wieder ein eisernes mit den Cylindern und den übrigen Hauptmaschinentheilen. b ist der Ofen und Kessel; die heiße Luftröhre gg hat eine Schlangenform erhalten, um der Maschine ein schönes Ansehen und Gedrängtheit zu geben. Dieses Rohr dreht sich auch auf einem Wirbel, so daß der Wagenführer dessen Mündung in jede beliebige Richtung drehen kann. Die Maschine ist, um eine lebhaftere Verbrennung zu veranlassen, mit einem Gebläseapparat versehen, der vorn unter der Treibebüchse n verborgen ist und durch den Gelenkhebel l bewegt wird. Der Dampfcylinder h erhält durch die, mit einem Hahn versehene Röhre i und durch die Büchse j Dämpfe zugeführt. In letzterer bewegt sich das Schieberventil mittelst des schon oben erwähnten Hebels l, der seine Bewegung durch einen Querstift an der Kolbenstange erhält und auch noch die Speisepumpe m und, wie schon bemerkt, das Gebläse treibt. Die Speisepumpe und der Gebläseapparat haben auch besondere Vorrichtungen, um gelegentlich mit der Hand betrieben werden zu können; und man hat die Einrichtung getroffen, daß der Hub der erstern nach der Arbeit der Maschine regulirt werden kann. w ist der Quecksilbermesser; x das Sicherheitsventil; d die Speisebüchse für den Ofen und u die Röhre zum Auslassen des benutzten Dampfes. Ein Kasten v dient zur Aufnahme der Koaks oder anderer Brennmaterialien und zum Stand für den assistirenden Maschinenwärter; c ist der Aschenkasten.

Der Dampfcylinder hat 7 Zoll im Durchmesser, die Länge des Kolbenhubs ist 16 Zoll, die Zahl der Kolbenhübe in der Minute 35 bis 45. Es ist dieß die kleinste Maschine dieser Art und sie wiegt nur 45 Centner.

Die dem Apparat als einer Feuerspritze eigenthümlichen Theile sind: der Luftkessel r; die Wasserpumpe p von 6½ Zoll Durchmesser. q ist eine Saugröhre oder ein Schlauch, durch welchen das Wasser aus irgend einer Quelle oder aus einem Gefäß zu der Pumpe gelangt und die mit einem Seiher versehen ist. Da die Wirkung der Druckpumpe doppelt ist, so sind zwei Saugröhren, auf jeder Seite eine, vorhanden; oder die Pumpe steht mit dem Troge f in Verbindung, dem das Wasser durch andere Maschinen zugebracht wird, wenn das Wasser nicht so vorhanden ist, daß es die Spritze selbst ansaugen kann. Aus der Pumpe gelangt das Wasser durch den Hals s und von da in den Windkessel r, mit welchem der Schlauch und das Gußrohr in Verbindung stehen. Diese Spritze kann, wenn es nöthig ist, zwei und die größern können sogar vier Strahlen auswerfen.

Die in Berlin vorhandene Dampfspritze ist ungleich kräftiger und wirkt mit einer Kraft von 15 Pferden. Die Spritze besteht aus zwei liegenden, 10 zölligen, doppelt wirkenden Pumpen, die durch zwei Dampfcylinder in Bewegung gesetzt werden. Die ganze Maschine ruht auf vier eisernen Rädern (mit gußeisernen Naben und schmiedeeisernen Speichen und Felgen) und kann, obgleich sie mit dem Wasser im Kessel 80 Centner wiegt, durch 4 Pferde auf gepflasterter Bahn leicht fortgeschafft werden.

Nach dem Heitzen (wobei ein Sauger die Verbrennung befördert, der schon beim Transport der Maschine durch ein Excentricum an der Hinteraxe in Bewegung gesetzt werden kann) dauert es 15 bis 20 Minuten, ehe die Maschine in Gang kommt, und sie macht bei einem mittlern Gange 20 bis 25 Wechsel in der Minute, kann aber weit schneller gehen. Da nun die Pumpen 10 Zoll im Durchmesser haben, so werden, bei 25 Doppelhüben von 14 Zoll Länge, durch dieselben in der Minute 57 Kubikfuß, oder in der Stunde 3130 Kubikfuß, oder 84510 preußische Quart Wasser herangesaugt und durch die Gußröhre und Schläuche zu sehr bedeutenden Höhen und in sehr bedeutende Entfernungen gefördert, wobei der Koaksverbrauch in der Stunde 130 Pfund beträgt. An den Windkessel können vier Schläuche angeschraubt und gleichzeitig oder nach Erfordern einzeln benutzt werden. Bei Benutzung eines Schlauches und eines Mundrohrs von 1½ Zoll Weite wurde der Strahl auf 120 Fuß senkrechte, und bei Neigungen von 45 bis 60° auf eine Entfernung von 164 Fuß geworfen.

Die Spritze ist vorzugsweise zum Schutz gewisser Gebäude bestimmt und daher sind zur Zuführung der für dieselben erforderlichen bedeutenden Wassermenge gußeiserne Saugröhren unter die Straßensohle gelegt und mit zu Tage gehenden Ansatzröhren versehen, an welche das Saugrohr der Spritze selbst befestigt werden kann. In Folge dieser Anordnung und der Construction der Spritze, kann dieselbe also zum Löschen selbst, wie auch zum Zuführen des Wassers nach andern Spritzenkästen benutzt werden. Es gehören zu derselben 400 Fuß Schlauch, und das Wasser kann daher bis zu großen Entfernungen gefördert und es können mit der Maschine sehr große Flächen geschützt werden.

Im Allgemeinen darf wohl kaum bemerkt werden, welche Vorzüge die Dampfkraft zur Bewegung von Feuerspritzen, sei es nun bei Prahmspritzen, d. h. solchen, die auf Kähnen liegen und von einem Flusse oder Kanal aus entweder als Spritzen oder als Zubringer wirken, oder bei fahrbaren Spritzen, gewährt; bei erstern unbedingt, bei letztern, wo es nicht an dem erforderlichen Wasser fehlt. Die Zeit von 13 bis 20 Minuten, welche das Anfeuern bei kleinern oder größern Spritzen erfordert, steht ihrer Benutzung nicht entgegen, indem während des Anspannens der Pferde und des Hinfahrens zur Brandstelle gefeuert wird und dieß während der Verbindung der Zubringer fortdauert. Die Spritze erfordert einen Maschinenmeister, einen Heitzer und 1 bis 4 Schlauchmeister. Die Maschine ersetzt die Kraft von etwa 42 bis 105 Menschen, je nachdem sie 6 oder 15 Pferdekräfte hat. Sie ermüdet nicht, arbeitet gleichförmig fort, bedarf keiner Ablösung. Diese große Verminderung einer beim Löschen lästigen Menschenmenge, des für viele Spritzen erforderlichen Raumes, die größere Entfernung, worin die Maschine von dem brennenden Gebäude aufgestellt werden kann, die Vereinfachung des Commandos, sind unbestreitbare Vortheile.

Bevor wir das Capitel von den Feuerspritzen beendigen, müssen wir erst noch etwas von der Einrichtung des Gußrohrs sagen. Es besteht ein solches aus fünf Theilen, unter denen zwei Kniestücke sind, welche um zwei auf einander senkrecht stehende Axen gedreht werden, um dem obern Theil des Gußrohrs jede beliebige Richtung ertheilen zu können. Zur Erklärung der beiden beweglichen Verbindungen, dient Figur 6, Tafel XXX, welche den Theil der Röhre im Durchschnitt darstellt. I ist der untere Theil der Gußröhre in der Nähe des Windkessels, II das erste Kniestück. An die Röhre I ist bei B eine Schraube angeschnitten, und die Röhre selbst über diese Schraube hinaus von außen konisch verlängert. Das Ende der Röhre II hingegen hat eine, auf das Ende von I genau passende, von außen und innen konische Erweiterung. Ueber diese ist eine, mit einer Schraubenmutter versehene konische Hülse geschoben, und diese an die Schraubenspindel der Röhre I angeschraubt. Hierdurch kann die Röhre II um die Röhre I gedreht werden; damit sich aber während des Hin- und Herdrehens der Röhre I die Hülse nicht losschraube, ist eine kleine, durch die Hülse und die Röhre II gehende Schraube angebracht. Beide Kniestücke sind auf gleiche Weise verbunden; die übrigen Theile des Gußrohrs sind auf die gewöhnliche Weise zusammen geschraubt. — Bei G ist ein Hahn angebracht, mit welchem das Gußrohr bei größern Spritzen so lange verschlossen bleibt, bis die Luft im Windkessel durch das in denselben eingetriebene Wasser so stark comprimirt ist, daß ihre Elasticität das Wasser auf die erforderliche Höhe zu treiben vermag. Bei kleinern Spritzen geschieht dieß Verschließen mit der Hand.

Sechstes Capitel.

Von den Pressen.

Pressen werden unter sehr veschiedenen Formen bei sehr vielen verschiedenen mechanischen Prozessen angewendet, und da diese weit zweckmäßiger bei den verschiedenen Fabrikationszweigen im zweiten Theile des Werkes beschrieben werden, so beschränken wir uns hier nur darauf, allgemeine Bemerkungen über die durch Druck wirkenden Maschinen zu machen und einige Pressen zu beschreiben, die eine allgemeinere oder eine Anwendung bei Gewerben haben, die nicht zu den Gegenständen dieses Werks gehören. Der Zweck, den man durch Pressung oder Druck zu erreichen strebt, ist der, Körper in einen geringern Raum zu bringen, wie bei den Packpressen; oder um Abdrücke zu machen, wie bei der Buchdruckerpresse; oder ihre Dimensionen in gewissen Richtungen zu vergrößern, wie bei den Walzwerken zum Ausstrecken von Metallen zu Stäben, Blech, Draht u. s. w.; oder Substanzen gänzlich oder theilweise zu zertheilen, wie bei dem Ausstückeln der Münzplatten; oder beim Prägen derselben, d. h. daß diese Platten mit gewissen Figuren versehen werden; oder Substanzen gänzlich zu zerkleinern, wie beim Pochen der Erze und bei ähnlichen Prozessen. Die Maschinen, durch welche diese verschiedenen Operationen bewirkt werden, können als eben so viele Arten von

Pressen angesehen werden; allein der Gebrauch hat den Ausdruck Presse nur auf einige von diesen Vorrichtungen beschränkt, bei denen der Druck durch Schrauben, Hebel, Keile, oder durch das Wasser bewirkt wird. Von der unbegränzten Anzahl der mechanischen Combinationen, welche bei der Construction der Pressen benutzt werden können, erwähnen wir nur einige wenige.

Die Schraube bei den Schraubenpressen wird gewöhnlich durch einen Hebel bewegt, denn ohne diese Hülfe würde, auch selbst bei der kräftigsten Presse, die stets sehr große Reibung der Schraube, gänzlich wirkungslos machen. Ist aber diese Reibung einmal überwunden, so hat sie großen Nutzen, da sie alsdann gewöhnlich hinreicht, um die rückgängige Bewegung der Schraube zu verhindern, so daß die Presse den erlangten Druck ohne irgend ein anderes mechanisches Mittel beibehalten kann. Wenn eine große Kraft erforderlich ist, so müssen die Schraubengänge so eng sein, als es nur ihre nöthige Stärke erlaubt; allein in solchen Fällen kann eine doppelte Schraube, welche wir weiter unten beschreiben wollen, mit großem Vortheil angewendet werden. Die Schrauben einer Buchdruckerpresse, oder eines Prägewerkes müssen dagegen sehr offene Gänge haben, und müssen mit bedeutender Geschwindigkeit und Kraft niedergehen, weshalb der Hebel mit einem Gewicht belastet ist. Ueberall, wo eine Kraft so angewendet wird, daß sie einen Druck oder Stoß auf einem Körper hervorbringt, ist das Moment, welches das Resultat der Einwirkung der Kraft in einer gewissen Zeit ist, gewöhnlich weit wirksamer, als der einfache Druck; allein der Grad seiner Wirksamkeit hängt von dem Grade der Zusammendrückbarkeit der zu behandelnden Substanz ab. Wenn ein schwerer Körper von einer gewissen Höhe herabfällt, so daß er in Folge der Schwerkraft ein Moment erlangt, so wird er auf der Substanz, auf die er fällt, eine Kraft ausüben, die um so viel größer als sein Gewicht ist, als der Raum, um welchen die gepreßte Substanz durch den Stoß oder Fall zusammengedrückt worden, geringer als das Doppelte der Höhe ist, von welcher der stoßende Körper herabgefallen, und wenn der Körper nicht sehr zusammendrückbar, oder die Höhe sehr gering ist, muß diese Kraft viel größer, als der Druck des Gewichts allein sein. Es gehören hierher die Wirkungen der Münz- und Knopfprägewerke u. s. w., welche wir in der ersten Abtheilung des zweiten Bandes näher betrachten werden.

Beim Bedrucken des Papiers geht oft eine einzige schwere Walze über das auf die Typen gelegte Papier, und obgleich die ganze Wirkung solch einer Walze auf ein geringes Zeittheilchen beschränkt ist, so übt sie doch eine hinreichende Kraft aus, und wirkt besser, als die alten gewöhnlichen Buchdruckerpressen. Die Zeugrollen, die Kalander, die Kupferdruckpresse, die Kopirpresse, die Zuckermühle, in welcher das Zuckerrohr ausgepreßt wird, indem man es durch Walzen gehen läßt, so wie auch die Walzen zum Ausrecken von Eisen, Kupfer, Messing, Blei und andern Metallen, und endlich das Drahtziehen, gehören hierher; denn bei der letztern Operation ist die Kraft, welche in der Richtung der Ausdehnung angewendet wird, weit geringer, als der durch die konischen Oeffnungen, durch welche der Draht nach und nach gezogen wird, hervorgebrachte Seitendruck.

Wir wenden uns nun zur Beschreibung einzelner Arten von Pressen.

Die gewöhnliche Schrauben-Packpresse.

Alle diese Pressen sind fast nach einem und demselben Prinzip construirt, so wie die in Fig. 1, Taf. XXXI, dargestellte. Gewöhnlich haben sie nur eine Schraube und bestehen entweder aus Holz oder die bessern und wirksamern, wie die hier abgebildete, aus Eisen. A A ist das Gestell, hier aus Gußeisen bestehend. Zwischen diesem Gestell liegt unten, genau horizontal und ganz fest, die Preßplatte B, auf welcher die zu packenden Waaren, oder die zusammen zu pressenden Materien gelegt werden und welche mit den beiden Säulen A A fest verbunden ist. B′ ist die obere Preßplatte, welche sich zwischen den Säulen auf und nieder bewegt und auf welche oben das untere Ende der Schraube drückt. Diese Schraube C mit sogen. flachen Gängen, besteht aus Guß- oder aus Schmiedeeisen und bewegt sich in der Mutter D, die in dem obern Querbalken A′ des Gestelles befestigt ist. Unten hat die Schraube einen Kopf E, der mit Löchern zur Aufnahme des einen Endes von dem Hebels F versehen ist, mittelst welchem die Schraube gedrehet wird. Diese ist mit der Platte B′ so verbunden, daß sie sich drehen kann. Das Spiel der Schraube ist aus der Abbildung deutlich. — Früher bestanden die Schraubenspindeln durchgängig aus Holz und die Gänge waren im Durchschnitt dreieckig, die Basis an dem Cylinder der Schraube liegend. Allein die Gänge mußten, um haltbar zu sein, eine bedeutende Stärke haben, und folglich war die mit der Schraube auszuübende Kraft nicht so bedeutend, als es bei den neuern eisernen Schrauben der Fall ist, deren Gänge nicht ein Drittel von der Stärke der der hölzernen Schraubenspindeln nöthig haben.

Wir haben bemerkt, daß die Schraubenpressen gewöhnlich aus einer Schraube und aus zwei festen Wangen bestehen; es giebt aber eine andere Art von Pressen, bei denen zwei Spindeln in der untern Preßplatte befestigt sind, durch Oeffnungen in der obern Preßplatte gehen und durch Muttern über derselben niedergedrückt werden, indem man diese durch Hebel umdreht. Zwischen beiden Platten liegen die zu pressenden Gegenstände. Zuweilen sind die Muttern in der obern Preßplatte selbst befindlich und es müssen dann die Spindeln, die in der untern Platte befestigt sind, mittelst Hebeln gedreht werden. Pressen dieser Art haben auch wohl ein Räderwerk zur Verbindung beider Schrauben, so daß beide von einem Angriffspunkt aus zu gleicher Zeit bewegt werden und die beiden Preßplatten daher einander immer parallel bleiben.

Eine sehr sinnreich construirte Packpresse dieser Art, die man in England seit 40 Jahren in Waarenlagern anwendet, hat folgende Einrichtung. Das Gerüst besteht aus zwei sehr starken horizontalen Balken, von denen der eine oben, der andere unten angebracht ist. Beide sind durch zwei eiserne senkrecht stehende Schraubenspindeln verbunden, welche als Wangen der Presse dienen. Die Preßplatte ist ein starker horizontaler Balken, an dessen Enden zwei Muttern angebracht sind, durch welche die Schraubenspindeln gehen. Werden sie gedreht, so steigt und fällt die Preßplatte. Die Muttern sind so an der Preßplatte angebracht, daß sie sich um die Schrauben bewegen können, allein jene

26*

muß stets mit auf- und niedergehen; denn sie werden in der Mitte von Ringen umgeben, die in der Preßplatte fest gemacht worden sind. Um nun die Muttern zu bewegen, sind sie eine jede mit einem Schraubenrade versehen, in welches eine Schraube ohne Ende greift. Beide Schrauben der beiden Schraubenräder sitzen an den entgegengesetzten Enden einer horizontalen Spindel, die an jedem Ende mit einer Kurbel versehen ist. Dreht man nun diese, so greifen beide endlose Schrauben in beide Schraubenräder, und dadurch werden die Muttern umgedreht, so daß die Preßplatte steigt und fällt, je nachdem die Kurbeln nach der einen oder nach der andern Richtung gedrehet werden.

Der große Nutzen dieser Presse besteht darin, daß damit zwei Ballen zu gleicher Zeit gepackt werden können, weshalb sie so viel leistet, als zwei Pressen und mit weit mehr Schnelligkeit arbeitet. Sie wird auf den Boden des Waarenhauses gestellt, in welchem das Packen vorgenommen werden soll und in der halben Höhe wird hinter ihr ein Gerüst angebracht. Der eine Ballen wird alsdann auf diesem Gerüste und der andere auf dem Boden des Waarenhauses verpackt. Wir wollen annehmen, die Preßplatte stehe über dem Gerüst und auf dem Boden werde ein Ballen gepackt. Durch Umdrehen der Kurbeln wird nun die Preßplatte nieder gebracht, bis daß der Ballen gehörig zusammengedrückt ist. Während derselbe nun gebunden wird, legt man einen andern Ballen von dem Gerüst auf die mit demselben in ein Niveau gebrachte Preßplatte, welche nun weiter in die Höhe geschroben wird, um diesen zweiten Ballen ebenfalls zusammen zu pressen, indem man ihn gegen den obern Balken des Gerüstes treibt. Während dieser Zeit und des Festmachens von dem obern Ballen, wird unten auf dem Boden ein anderer vorgerichtet u. s. f. Auf diese Weise geht nie Zeit durch das Oeffnen der Presse verloren und die Arbeit geht immer fort, welches eine Sache von Wichtigkeit ist. (Barlow, S. 322 ꝛc.)

Die Keilpresse.

Wir beschreiben nun eine sehr sinnreiche, wohlfeile und wirksame Presse, bei welcher Rad und Welle, Keil, Hebel, geneigte Ebene und Rolle, kurz außer der Schraube alle mechanischen Kräfte angewendet werden, und die man Keilpresse nennen kann. Diese Presse ist wegen ihrer leichten Herstellung, welche von jedem Zimmermann und Grobschmidt bewirkt werden kann, so wie auch wegen ihrer leichten Transportirbarkeit, ganz besonders als Packpresse zu empfehlen, ist aber auch eben so gut zum Auspressen von Saft aus Früchten, Oel aus Körnern u. s. w. anwendbar. Sie besteht aus einem Gerüst und aus mehren Balken, zwischen welche die zu pressenden Gegenstände gelegt werden, und diese Preßplatten sind nach der Beschaffenheit der zu pressenden Gegenstände, in der Form, Größe und in dem Material verschieden. Die Wirksamkeit der in der Fig. 6, Taf. XXXI, dargestellten Presse, ist folgende. a ist der Grundbalken der Presse, der an beiden Enden mit eisernen Zahn- oder Sperrstangen b versehen ist, deren Zähne die Stützpunkte der Hebel hh bilden. c ist der obere Balken der Presse, der durch vier eiserne Stäbe dd in seiner Lage erhalten wird, und ee sind verschiebbare Preßbalken, die nach oben und nach unten auf die zu pressenden Gegenstände wirken. ffff sind Frictionsrollen, zwischen denen die Keile gg, mittelst der Hebel hh eingetrieben werden. Es geschieht dies durch ein Seil, dessen Ende an den Haken i gehängt ist, über die Rolle k des andern Hebels geht und sich um die Trommel l wickelt, die mit einem Sperrrade und Sperrkegel zur Verhinderung des Rückganges und mit einer Kurbel zum Umdrehen versehen ist. Es giebt mehre Abänderungen dieser Pressen, die in jeder Hinsicht sehr zu empfehlen sind. (*Hebert*, Encyclopaedia, II, 332.)

Die Kniehebelpresse.

Eine andere sehr wirksame Presse ist die horizontale Presse mit Kniehebel und Schraube (Presse horizontale à vis et à losange), welche von den Herren Barker, Sudds, Adkins und Comp. in Rouen construirt und im Portefeuille industriel, I, p. 171 und Taf. 23, und daraus im polytechn. Centralblatte, 1836, Nr. 68, beschrieben und abgebildet ist. Sie empfiehlt sich durch Einfachheit und kräftige Wirkung und wird hauptsächlich als Oelpresse angewendet.

Auf Taf. XXXII stellt Fig. 1 eine Seiten- und Figur 2 eine obere Ansicht dieser Presse dar; sie ruht auf der Holzunterlage AA, BB, welche in Kreuzform verbunden ist; AA ist etwa 6 Meter, BB nur $2\frac{1}{2}$ Meter lang. (Der Maaßstab der Abbildung ist ungefähr $\frac{1}{25}$ der natürlichen Größe.) Nahe an den Enden von AA befinden sich die in Fig. 3 und 4 in der Ansicht von der Mitte der Presse aus und im Durchschnitte noch besonders abgebildeten Behälter aus Gußeisen CC, welche dazu bestimmt sind, den auszupressenden Stoff, in Leinwand oder härenes Gewand gehüllt, aufzunehmen und aus zwei Seitenwänden DD, einer Endwand E und einem Boden E' bestehen. Oberhalb sind dieselben ganz offen und können das auszupressende Material von daher empfangen; eben so sind sie zur Seite nach der Presse zu ganz ungeschlossen, von woher der pressende Theil in sie eindringt. Die pressende Kraft wirkt direct gegen die gußeiserne Platte F und pflanzt sich von derselben auf das im Behälter C angehäufte Material fort. Die Platte F muß daher ziemlich dicht an den Behälter anschließen und sich in demselben zugleich frei bewegen, damit sie einmal das Abfließen der abgepreßten Flüssigkeit hindert, dann aber bei der Bewegung sich nicht in den Behälter einfrißt.

Durch die Kraft, welche den Druck in der Presse hervorbringt, werden die beiden entgegengesetzt liegende Behälter CC von einander zu entfernen gesucht; es ist also nöthig, sie in unveränderlicher Entfernung von einander zu erhalten, wenn überhaupt ein Druck in ihnen ausgeübt werden soll, und dieß geschieht durch vier geschmiedete eiserne Stangen XX, YY, von denen je zwei die entsprechenden Seiten dieser Behälter mit einander verbinden; ihre abgedrehten Köpfe legen sich in die Oeffnungen dd der Seitenwände DD, dann werden über sie die Deckel d'd' u. s. w. festgeschraubt, und hierauf die Muttern xx, yy auf die in die Köpfe von XX, YY geschnittenen Schrauben geschraubt. Diese Verbindungsstangen leisten der pressenden Kraft in ihrer Längenrichtung den größten Widerstand, werden selbst von den auf AA liegenden Behältern CC getragen, und erhalten theilweise (nämlich die beiden obern) noch eine Zwischenunterstützung durch die auf AA ruhenden

Säulen Z′Z′, auf welche die Querstücke Z mittelst der Schraube Z aufgeschraubt sind, die zu beiden Seiten Höhlungen haben, in welche sich die runden Stangen XX genau einlegen.

Die Pressung der Platten FF wird durch das aus den Kniehebeln GG u. s. w. bestehende bewegliche Parallelogramm hervorgebracht; die vier starken, gleich langen Eisenstangen GGGG haben an jeder Seite einen angeschmiedeten, lothrecht stehenden Cylinder, welchen bei uu und vv die Fig. 1 deutlich zeigt; diese Cylinder senken sich in cylinderförmige Gruben, deren zwei an der Hinterseite jeder Platte F und zwei an den über BB beweglichen Stücken HH befindlich sind. Die Enden uu sind in ff, die Enden vv in den angegossenen Lappen hh drehbar. Die Stücken HH sind in ihrer Mitte mit einer Hohlschraube versehen, durch welche die Schraubenspindel L hindurchgeht, und haben unten eine über BB hingleitende Walze I, durch welchen ihre Bewegung nach und von dem Mittelpunkte der Presse erleichtert wird. An der Schraube L befindet sich in der Mitte das Zahnrad M, welches mit seiner ganzen Last und dem Gewichte der Schraube L auf den beweglichen Theilen HH ruht und durch ein Getriebe N in Umdrehung gesetzt werden kann.

Die beiden Hälften der Schraube L, welche durch das Rad M geschieden werden, sind mit Gängen versehen, welche genau gleich-weit, jedoch nach entgegengesetzten Richtungen geschnitten sind, wodurch bewirkt wird, daß die beiden Theile HH bei Umdrehung der Schraubenspindel entweder gleichzeitig vom Mittelpunkte sich entfernen, oder sich demselben nähern, und dadurch den Kniehebelstangen GG die erforderliche Bewegung mittheilen.

Auf den obern Stangen XX, welche deshalb auch bei ZZ noch besonders unterstützt sind, ruht der bogenförmige Träger QQ mit den Fußplatten rr auf, die durch die Gegenplatten ss und verschraubte Bolzen gehörig befestigt werden, während oben die beiden Theile des Trägers durch die Verbindungsstangen tt die gehörige Steifigkeit und Festigkeit erhalten. Am höchsten Punkte befindet sich auf diesem Träger das Zapfenlager O für die Welle P, an welcher über dem Rade M das Getriebe N sitzt, und außerdem an der hier nicht gezeichneten Verlängerung sich eine Vorrichtung zum Aufnehmen der treibenden Kraft, z. B. einer Kurbel, befindet. Wird nun mittelst der auf die Axe PP wirkenden Kraft das Getriebe N und durch dasselbe das Rad M bewegt, so dreht sich die Schraube und nähert die Stücke HH einander; dadurch wird die kleinere Diagonale des beweglichen Parallelogramms verkleinert, die größere muß sich also verlängern und demzufolge müssen die Preßplatten FF in die Behälter CC eindringen. Ein Rückziehen ist durch entgegengesetzte Umdrehung des Getriebes N möglich, indem die Höhlungen, welche die Cylinder uv der Stangen G aufnehmen, allseitig etwas über die Cylinder vorspringen.

Dem Prinzipe dieses doppelten Kniehebels zufolge steht die Kraft, welche von I und F ausgeübt werden kann, zu der auf H und H übertragenen Kraft im Verhältniß der langen Diagonale zur kurzen. Die Anwendung dieses Prinzips zu pressenden Maschinen ist zwar sehr alt; Ramelli beschreibt in seinem 1588 in Paris erschienenen Werke: le diverse ed artificiose Machine etc. eine nach demselben

construirte Maschine; doch scheint dasselbe in neuerer Zeit weniger Anwendung gefunden zu haben, als zu wünschen wäre und erst ganz neuerlich hat man es bei Pressen angewendet, wie wir auch bei dem über Buchdruckerpressen handelnden Capitel sehen werden. Ueberall, wo der Widerstand mit dem Drucke wächst, empfiehlt sich der Kniehebel, da bei ihm die Kraft ebenfalls im Wachsen begriffen ist.*

Die Größe der ausgeübten Kraft hängt vorzüglich von den Dimensionen der Haupttheile ab, welche bei der beschriebenen Presse folgende waren:

	Meter		Sch.	Z.	L.	
Halbmesser des Getriebes N	0,10	=		3	10	Rhein.
„ „ Rades M	0,80	=		30	7	„
Weite der Windungen von L	0,03	=		1	1,5	„
Länge von X und Y . .	6,00	=	19	2	—	„
Dicke derselben	0,08	=		3	1	„
Weg der Platten . . .	0,13	=		5	—	„

Es ist daher nach dem Verhältnisse der Diagonalen die in der Richtung der größern Diagonale ausgeübte Kraft

zu Anfange der Bewegung . . 2,6 Mal,
zu Ende . . . . 16,5 Mal

größer, als die in der Richtung der kleinern Diagonale wirkende Kraft. Die vom Getriebe N auf M übertragene Kraft wird aber nach den Dimensionen beider im Verhältnisse 1 : 84 vergrößert, und daher üben die Platten F

zu Anfange das 218fache
zu Ende das 1386fache

der auf M übertragenen Kraft aus. Um jedoch von der ersten Stellung in die letzte überzugehen, muß sich die Hälfte der kleinern Diagonale von 70 auf 12 Centimeter, also um 58 Centimeter verkürzen, wozu 19 Umgänge von M und daher 152 Umgänge von N oder der Axe PP erforderlich sind. Hierdurch wird der Zeitaufwand hervorgebracht, welcher jedesmal dann eintritt, wenn mit einer kleinen Kraft durch Ansammlung eine große Wirkung hervorgebracht werden soll.

In hydraulischen Oelpressen übt man ungefähr auf ein Quadratcentimeter einen Druck von 300 Kilogrammen aus; doch zeigen Versuche, daß ein dreimal kleinerer Druck vollkommen zum vollständigen Auspressen des Oeles hinreicht. Die Oberfläche der Platte hat 1100 Quadratcentimeter und würde daher im Ganzen eine Pressung von 110000 Kilogr. erfahren müssen. Man muß daher auf das Rad M eine Kraft von etwa 80 Kilogr. übertragen, um diesen Effect zu erreichen, was sehr leicht möglich ist. Hiernach wird man der Wahrheit ziemlich nahe kommen, wenn man bei überschläglichen Berechnungen annimmt, daß durch jeden Quadratcentimeter der Platte F ein Druck ausgeübt wird, welcher so groß ist als die auf das Rad M übertragene Kraft.

Dieser Kraft können die Verbindungsstangen XX genügenden Widerstand leisten, indem die größte Kraft, auf sie vertheilt, sie dennoch blos mit dem siebenten Theile ihrer absoluten Festigkeit zieht.

Die Größe des von der Platte F zurückgelegten Weges ist nach Umdrehungen des Rades M bestimmt:

* Die Theorie der Kniepresse hat Professor Fechner in Poggendorffs Annalen, 1837, Nr. 7, S. 501, entwickelt.

Bei der	1.	Umdrehung	1,107	Centimeter,
„ „	4.	„	0,946	„
„ „	7.	„	0,792	„
„ „	10.	„	0,644	„
„ „	13.	„	0,500	„
„ „	16.	„	0,359	„
„ „	19.	„	0,221	„

Bei den Behältern C müssen natürlich die Seitenwände D und E' stark genug sein, um der pressenden Kraft gehörigen Widerstand zu leisten, namentlich aber auch die Hinterwand E, an welche die Lager der Verbindungsstangen angegossen sind. Auf den Boden E' ist mit zwei Schrauben eine justirte Stange e' aufgeschraubt, welche der Platte F als Leitung dient; an derselben sammelt sich die ausgepreßte Flüssigkeit und nimmt durch die Oeffnung e ihren Abzug. Wir kommen bei den Oelpressen, in der zweiten Abtheilung des zweiten Bandes, darauf zurück, indem wir hier nur die Beschreibung der Presse ohne ihre weitere Anwendung zum Zweck hatten.

Die hydrostatische oder Bramah'sche Presse.

Diese Presse beruht auf dem bekannten hydrostatischen Satze, daß der Druck nach Verhältniß der Fläche zunehme. Die Erfindung derselben wird dem Engländer Bramah zugeschrieben. Die Presse gewährt den Vortheil, daß sie einen sehr kleinen Raum einnimmt und wirksamer als alle bekannten Pressen ist; man wendet sie daher in Fabriken zum Pressen der Zeuge, in Papiermühlen zum Pressen des Papiers und zu vielen andern Zwecken, ja sogar zum Ausreissen von Baumstämmen, zum Heben schwerer Lasten u. s. w. an. Das Prinzip bei dieser Presse ist das folgende. Das Wasser in einer sehr dünnen Röhre wird mit dem in einer stärkern in Verbindung gesetzt; in dem ersten wird ein Kolben herabgedrückt, welcher das Wasser in das weitere Rohr preßt und hierdurch einen in diesem befindlichen Kolben, auf welchem die Last liegt, hinauftreibt. Der Kolben in der engen Röhre wird durch eine, auf einen Hebel drückende Kraft herabgedrückt.

Es sei die am Ende dieses Hebels wirkende Kraft $= K$, der Druck welchen diese Kraft auf den kleinen Kolben ausübt $= k$, die Fläche des kleinern Kolbens $= f$, jene des größern $= F$, und Q der Druck des Wassers gegen F. Es wird alsdann auch, wenn man keine Reibung berücksichtigt, Q die Kraft sein, womit die Zeuge, das Papier ꝛc. zusammengepreßt werden. Da sich nun die drückenden Gewichte wie die Flächen verhalten, so ist $k : Q = f : F$ und wegen des Hebels ist $K : k = AB : AC$, folglich $K : Q = f \, . \, AB : F \, . \, AC$, und da man die Kraft eines Arbeiters, welcher für eine kurze Zeit verwendet wird, zu 100 Pfund annehmen kann, so ergiebt sich $Q = 100 \, . \, \frac{F \, . \, AC}{f \, . \, AB}$; will man daher einen sehr großen Druck ausüben, so müssen die Verhältnisse $\frac{F}{f}$ und $\frac{AC}{AB}$ möglichst groß werden.

Es sei z. B. der Durchmesser der kleinern Röhre $= 1$ Zoll und des größern Cylinders $= 24$ Zoll, so ist $\frac{F}{f} = \frac{^{11}/_{14} \, . \, 24 \, . \, 24}{^{11}/_{14} \, . \, 1 \, . \, 1} = 24 \, . \, 24$; ferner sei das Verhältniß der Hebelarme $AB : AC = 1 : 10$, so ist $Q = 100 \, . \, 10 \, . \, 24 \, . \, 24 = 576000$ Pfund; welchen Druck daher ein Mensch, ohne Berücksichtigung der Reibung, auszuüben vermag.

Wir wenden uns nun mit Hülfe der Figuren 2 — 5, Taf. XXXI, zu einer detaillirten Beschreibung der Bramah'schen Presse, welche in der Abbildung als zum Packen, oder Pressen von Zengen, Papier ꝛc. angewendet, dargestellt worden ist.

F ist ein kurzer, starker, gußeiserner, genau ausgebohrter Cylinder, mit einem massiven, sehr genau abgedreheten, ebenfalls eisernen Kolben D. Der Cylinder hängt in den Balken und in der Platte, welche das Fundament der Presse bilden, unterhalb des Bodens. A A sind zwei starke eiserne Säulen, entweder cylindrisch oder von irgend einer andern beliebigen Form; oben sind sie durch einen Querbalken bei a a durch Schrauben und Muttern, oder, wie in Fig. 2, durch Keile mit einander verbunden. Mit dem obern Ende des Kolbens D ist eine eiserne Platte E, die Preßplatte verbunden, deren obere Fläche genau geebnet, deren untere Fläche mit Verstärkungsrippen versehen ist und die zwischen den beiden Säulen A geleitet wird. L ist der Wasserkasten der Druckpumpe und b eine enge Röhre, welche die Pumpe mit dem Cylinder verbindet. Der auf der kleinen Oberfläche des Ventils, wo die Röhre in den Cylinder tritt, ausgeübte Druck wird in der Presse so vielmal multiplicirt, als die Oberfläche des Kolbens D die des Ventils übersteigt. Wenn z. B. der Durchmesser des Ventils ¼ Zoll und der des Kolbens 6 Zoll beträgt, so werden sich die Oberflächen der Querschnitte wie $^1/_{16} : 36$ oder wie $1 : 576$ verhalten. Ein Druck von 100 Pfund auf das Ventil wird daher einen Druck von 57600 Pfd. auf den Preßkolben, und bei einem Verhältniß der Hebelarme von $1 : 10$ würden 100 Pfund bei H einen Druck von 576000 Pfund bei E veranlassen. Dieß ist das einfache Prinzip dieser mächtigen Maschine; allein wo ein so bedeutender Druck auszuhalten, ist eine sehr sorgfältige und genaue Arbeit der Maschine und ganz besonders der Liederung erforderlich. In dem vorliegenden Falle besteht die Presse nur aus einer Pumpe, bei den sehr wirsamen Maschinen dieser Art giebt es deren aber drei, vier und selbst mehr, und sie werden, wie die Feuerspritzen, mit doppelten Hebeln oder Druckbäumen in Bewegung gesetzt und zuweilen ist der Preßcylinder an beiden Enden offen, der Kolben geht durch beide und sein Durchmesser ist an dem obern Ende bedeutender, als an dem untern, so daß die drückende Oberfläche der Unterschied zwischen den beiden Durchschnitten ist. Ein Vortheil solch einer Einrichtung ist auch der, daß die Kolbenstange auf ihrem Wege geleitet wird, ohne daß dazu ein äußerer Körper erforderlich ist; auch ist es in dieser Form zweckmäßiger, eine ziehende, als eine schiebende oder drückende Kraft anzuwenden. Häufig erfolgt die Bewegung auch durch Dampfmaschinen.

Die Pumpe ist nicht wesentlich von jeder andern Druckpumpe verschieden. Unten ist sie mit einem Ventil, welches gewöhnlich ein Kegelventil ist, versehen, durch welches das Wasser aus dem Wasserkasten in den Pumpenstiefel eintritt, wenn der Kolben gehoben wird. Ein anderes Ventil öffnet sich nach der Röhre b zu, um das Wasser, wenn der Kolben darauf wirkt, in die Röhre und den Cylinder zu

lassen. Ferner ist die Röhre mit einem Sicherheitsventil k versehen, welches aus einem Stahlstäbchen besteht, und endlich mit einem Schraubenhahn i, der den Zweck hat, den Preßkolben wieder niedergehen und das darin befindliche Wasser wieder in den Kasten fallen zu lassen, wenn die Operation beendigt, oder zu irgend einer andern Zeit ein Entleern erforderlich ist.

Wir wenden uns nun zu der Liederung des Preßkolbens, die den Zweck hat, daß kein Wasser verloren geht. Der Kolben D ist zu dem Ende bei oo, Fig. 3, mit einem ledernen Ringe umgeben, dessen Form durch Fig. 4 deutlich wird. Fig. 3 stellt nämlich das obere Ende des Preßcylinders und Fig. 4 das Leder dar, welches wie ein Aermel umgeschlagen ist. Wenn das Leder auf seinem Platze liegt, so wird es durch einen kupfernen Ring auseinander gehalten, der zwischen die beiden Lagen des Leders eintritt. Dieser ganze Ring liegt in einer Vertiefung des Cylinders F. Das Leder wird durch einen messingenen oder bronzenen Ring m zurückgehalten, den eine noch tiefere Vertiefung in dem Cylinder aufnimmt, wie Fig. 3 zeigt. Die innere Oeffnung des Ringes m schließt genau an den Kolben D, und so wird dann das Leder in einer Zelle eingeschlossen, und sein einer Umschlag schließt genau an den Kolben D, während der andere, mittelst des kupfernen Ringes, an die Cylinderwand gedrückt wird. Sobald nun Wasser in den großen Cylinder tritt, so dringt es zwischen den Umschlag des ledernen Ringes und drückt es sehr fest, auf der einen Seite gegen den Kolben und auf der andern gegen den Cylinder, und dieses festere Anschließen nimmt mit dem Drucke des Wassers zu, so daß unter diesen Umständen eine vollkommene Wasserdichtigkeit erlangt wird. Der metallene Ring m wird sehr genau auf der Drehbank ab- und ausgedreht, und er paßt genau in die zu seiner Aufnahme bestimmte Vertiefung. Um ihn in dieselbe hineinbringen zu können, ist er mittelst einer Säge in fünf Segmente zerschnitten, wie Fig. 5 zeigt. Drei von diesen Schnitten liegen in dem Halbmesser, die beiden andern sind aber einander parallel. Beim Einlegen dieses Ringes (nachdem der lederne und kupferne an ihre Stelle gelegt worden sind), bringt man zuerst die vier Segmente mit den radialen Linien hinein und zuletzt die mit den parallelen Seiten. Alsdann wird der Kolben D hineingesteckt. Früher, und bei manchen Pressen auch noch jetzt, wurde der Ring m, welcher die lederne Liederung niederhält, durch mehre Schraubenbolzen an ihrer Stelle erhalten; allein da diese eine größere Last zu tragen hatten, als die ganze Kraft der Presse, so wurden sie häufig lose oder gar hinausgetrieben, und die ganze Liederung gab nach. Ueber dem Ringe m wird Werg oder irgend eine andere ähnliche Substanz, die mit Oel getränkt ist, gestopft und oben ein Ring als Deckel darauf gelegt und befestigt. Diese obere Liederung dient dazu, den Kolben mit Oel zu versehen und jede Substanz abzuhalten, die seine Oberfläche beschädigen könnte.

Die Wirkung dieser Presse ist sehr leicht verständlich, wenn wir annehmen, daß die Pumpe, der Cylinder und die Verbindungsröhre b mit Wasser angefüllt sind und daß der Wasserkasten L einen hinlänglichen Vorrath von Wasser enthalte. Wird der Hebel H gehoben, so geht die Kolbenstange f auch in die Höhe, so daß ein luftverdünnter Raum unter ihm bleiben würde, wenn die Atmosphäre nicht

das Wasser durch das untere oder Saugventil hineintriebe. Indem nun der Hebel nieder gedrückt wird, vermindert der Kolben, indem er ebenfalls niedergeht, den Raum in der Pumpe; das untere Ventil wird dadurch geschlossen und das Wasser durch das obere Ventil und durch die Röhre b in den großen Cylinder F getrieben, um den Kolben D und die Preßplatte E mit ihrer Belastung zu heben und zwar auf eine, mit der Menge des eingedrückten Wassers im Verhältniß stehenden Menge. Bei dem darauf folgenden Aufgange des Pumpenkolbens verhindert das sich schließende obere Ventil den Rückfall des Wassers und folglich auch des Cylinders D. Durch eine Wiederholung desselben Prozesses wird mehr Wasser eingetrieben und der Druck kann daher sehr verstärkt werden. Um zu verhüten, daß das Rohr oder der Stiefel nicht durch übermäßiges Einpumpen durch den Druck des Wassers zerspringen, dient das Sicherheitsventil k, welches sich alsdann hebt und Wasser herausdringen läßt. Will man die Wirkung der Presse aufheben, so muß das Entleerungsventil i aufgeschroben und geöffnet werden; das Wasser strömt dann aus der Presse in den Wasserkasten L zurück und die Preßplatte E, so wie der Kolben D sinken durch ihr eigenes Gewicht wieder nieder.

Von der verhältnißmäßigen Kraft einer einzigen hydraulischen Presse redeten wir schon weiter oben, wir bemerkten aber auch, daß, wenn ein stärkerer Druck erforderlich sei, mehre Pumpen angewendet würden. In diesem Falle ist es gewöhnlich sehr zweckmäßig, mit steigendem Druck eine Pumpe nach der andern von der Presse, durch Schließung des obern Ventils, abzusondern, so daß am Ende die Kraft von sechs oder mehren Menschen nur auf eine Pumpe angewendet wird. Die Bewegung des Preßkolbens ist natürlich bei mehren Pumpen schneller als bei einer. Man erlangt aber auf die angegebene Weise oft einen Druck von vielleicht zweihundert und noch mehren Tonnen. Pressen dieser Art werden zum Probiren eiserner Ketten angewendet, über deren Fabrikation wir in der ersten Abtheilung des zweiten Bandes reden werden. — Viele hydraulische Pressen, die fortwährend im Gebrauch sind, wie z. B. bei der Oelfabrikation (s. 2te Abthl. des 2ten Bandes), werden durch Wasser- oder Dampfkraft in Bewegung gesetzt. — Sehr kräftige hydraulische Pressen werden auch zum Packen der Baumwolle angewendet, um dieselbe auf ein möglichst geringes Volum zu reduciren, welches bei dem Transport von großer Wichtigkeit ist. Die Pumpen, deren mehre bei einer Presse angewendet werden, haben 1¼ und der Preßcylinder hat 7 Zoll im Durchmesser.

Bei einer Vergleichung der hydraulischen mit der Schraubenpresse fällt der Vortheil sehr zu Gunsten der erstern aus. Wir wollen hierüber nur aus dem praktischen Gesichtspunkte einige Betrachtungen anstellen. Jeder praktische Mechaniker weiß, welch ein großer Theil der von den Maschinen ausgeübten Kraft zur Ueberwindung der Reibung angewendet wird; ein Jeder kennt die bedeutende Reibung zwischen zwei festen Körpern und die sehr geringe zwischen flüssigen. Man ersieht dieß aus dem Schmieren der Zapfen von den Rädern und aus der sehr stufenweisen Abnahme der Bewegung bei flüssigen Körpern, während, wenn sich zwei feste auf einander bewegen, dieselbe sogleich aufhört, sobald die Kraft bis auf einen gewissen Grad ver-

mindert wird. Nun ist aber die Schraube ganz hauptsächlich eine Kraft, bei welcher die Reibung bedeutend ist, und sie ist immer weit größer als die rückwirkende Kraft; denn es giebt wenige Beispiele, daß die Schraube, selbst bei außerordentlichem Druck, zurückgegangen ist, wenn die auf sie wirkende Kraft zu wirken aufhörte. Es muß auch ferner noch berücksichtigt werden, daß die ganze Kraft des Gewichts oder Widerstandes unmittelbar auf die Fläche des Gewindes der Schraube, da wo die Bewegung statt finden soll, einwirkt. Wir haben keine Bestimmung darüber, in welchem Grade dieser Widerstand, oder die Reibung mit dem Gewichte steigt. Bei geringern Wirkungen hat man ein einfaches Verhältniß angenommen, allein unter höherm Druck wird von den beiden metallischen Flächen der größte Theil der halbflüssigen Materie zwischen beiden entfernt und jene scheinen durch die Größe des Widerstandes, mittelst Kohäsions-Attraktion, an einander zu hängen.

Nach dem, was wir weiter oben über den ungeheuren Druck bemerkt haben, dem die Preßcylinder unterworfen sind, ist es von großer Wichtigkeit für den praktischen Mechaniker, mit möglichster Genauigkeit die Metallstärke zu bestimmen, welche zum Widerstehen solcher innern Kraft erforderlich ist. Herr **Barlow** hat den Gegenstand auf eine sehr genügende Weise verfolgt. Der innere Druck auf einen Cylinder wurde zuerst von **Mariotte** bestimmt, und **Barlow** gelangte durch ein ganz anderes Verfahren zu derselben Folgerung, nämlich, daß der Druck an der Peripherie irgend eines gegebenen Punktes von dem Innern des Cylinders gleich dem Druck auf einen Quadratzoll, multiplicirt durch die Anzahl der Zolle des Radius ist, d. h. die Kraft, welche den Cylinder längs einer der Axe parallelen Linie zu zerreissen strebt, ist gleich einem Druck auf einen Schnitt zwischen der Peripherie und der Axe. Dieß ist, wie bemerkt, das Resultat, welches stets von den Autoren über diesen Gegenstand abgeleitet worden ist; schätzt man aber die Stärke, welche dazu erforderlich ist, diesem Druck zu widerstehen, so hat man überall angenommen, daß alle Metalle in der Stärke einen gleichen Widerstand leisteten. Man hat hieraus gefolgert, daß bei Pressen von gleichem innern Durchmesser die Dicke dem Druck proportional sein müsse. Dieser Grundsatz ist aber in der Praxis als falsch erkannt, indem man es stets nöthig gefunden hat, die Stärke in einem höhern Verhältniß zu vermehren, als den Druck. Hauptsächlich in der Absicht, diesen Fehler zu verbessern, unternahm Herr **Barlow** die Untersuchung.

Das Folgende ist nun der besondere Theil der Untersuchung, auf den wir hingewiesen haben, nämlich der, wodurch die Beschaffenheit des Widerstandes, der irgend einer gegebenen Metallstärke eines Cylinders oder Ringes durch den innern Druck geleistet wird.

Es wird auf den ersten Blick deutlich werden, daß, wenn man den Druck auf irgend einen Punkt D und C gefunden hat, es nur erforderlich ist, die Metallstärke zu bestimmen, welche diesem Drucke Widerstand leisten kann, wenn dersebe unmittelbar auf die Querfläche einwirkt. Dieß ist aber durchaus nicht der Fall; denn wenn wir uns, wie es geschehen muß, denken, daß das Eisen in Folge des innern Druckes einen gewissen Grad von Ausdehnung erleidet, so wird man finden, daß die äußere Peripherie weniger an dieser Ausdehnung Theil nimmt, als die innere; und da der Widerstand proportional der Ausdehnung, dividirt durch die Länge ist, so folgt, daß die innere Peripherie und jedes auf dieselbe folgende kreisförmige Blatt, von der innern nach der äußern Oberfläche zu, dem innern Druck einen immer geringern Widerstand leistet. Die Gesetze, nach denen der Widerstand abnimmt, sind jetzt der Zweck unserer Untersuchung.

Zuvörderst ist es einleuchtend, daß, welche Ausdehnung der Cylinder oder Ring auch erleiden möge, stets dieselbe Menge der Oberfläche in dem Durchschnitte des Ringes sein wird, welche Oberfläche stets im Verhältniß zu der Differenz der Quadrate der beiden Durchmesser stehen wird.

Es sei D der innere Durchmesser vor dem Druck und $D + d$ der Durchmesser nach der Ausdehnung durch den Druck. Es sei ferner D' der äußere Durchmesser vor dem Druck und $D' + d'$ der Durchmesser nach demselben.

Nach der obigen Bestimmung haben wir

$$D'^2 - D^2 = (D' + d')^2 - (D - d)^2,$$

oder

$$2D'd' + d'^2 = 2Dd - d^2,$$

weshalb

$$(2D' + d') : (2D - d) = d : d';$$

oder da d und d' beide sehr klein sind,

$$D' : D = d : d'.$$

D. h. die Ausdehnung der äußern Oberfläche verhält sich zu der der innern, wie der innere Durchmesser zum äußern. Der Widerstand verhält sich wie die Ausdehnung, dividirt durch die Länge; daher der Widerstand der äußern Oberfläche zu dem der innern, wie

$$\frac{D}{D'} : \frac{D'}{D}, \text{ oder wie } D^2 : D'^2.$$

D. h. der Widerstand, den jeder auf einander folgende Ring leistet, verhält sich umgekehrt wie das Quadrat seines Durchmessers, oder umgekehrt wie das Quadrat ihrer Entfernung vom Mittelpunkte. Mittelst dieses Gesetzes kann nun der wirkliche Widerstand jeder Stärke leicht bestimmt werden.

Es sei r der innere Halbmesser irgend eines Cylinders, p der Druck auf den Quadratzoll der Flüssigkeit, t die ganze Metallstärke und x jede veränderliche Entfernung von der innern Oberfläche. Es bezeichne ferner s den ausgeübten Druck oder den von dem innern Ringe geleisteten Widerstand, so erlangt man durch das zuletzt entwickelte Gesetz

$$(r + x)^2 : r^2 = s : \frac{r^2 s}{(r + x)^2}$$

= dem Druck bei der Entfernung x von der innern Oberfläche; folglich

$$\int \frac{r^2 s\, dx}{(r + x)^2} + \text{const.}$$

= der Summe des ganzen Drucks; und dieser wird, wenn $x = t$,

$$R = r^2 s \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{r + t}\right) = \frac{s r t}{r + t}.$$

D. h. die Summe alles des verschiedenen Drucks oder Widerstandes auf die ganze Dicke t, ist gleich dem Widerstande,

welcher der Dicke $\frac{r\,t}{r + t}$, die gleichförmig mit einem Widerstande s wirkt, entspricht.

Wir wollen nun, nach Feststellung des obigen Gesetzes, annehmen, der Halbmesser r und der Druck p auf einen Quadratzoll der Flüssigkeit seien gegeben und man wolle die zu ihrem Widerstande erforderliche Dicke finden, so daß Druck und Widerstand im Gleichgewicht stehen, indem die Festigkeit des Metalles ebenfalls gegeben ist. Es stelle x die erforderliche Dicke, c die Festigkeit des Metalles auf den Quadratzoll vor, so ist der größte Druck, den die Metallstärke $\frac{r\,x}{r + x}$ auszuhalten vermag $\frac{r\,x\,c}{r + x}$, und der Druck, den sie zu tragen hat, ist pr; sind daher diese gleich, so müssen wir haben

$$r\,p = \frac{r\,x}{r + x}\,c, \text{ oder } pr + px = xc;$$

daher

$$x = \frac{pr}{c - p}.$$

Die Regel zur Bestimmung der Metallstärke ist daher folgende: Man multiplicire den Druck auf den Quadratzoll mit dem Halbmesser des Cylinders und dividire das Product mit der Differenz zwischen der Cohäsion oder Festigkeit des Metalles auf den Quadratzoll und dem Druck auf den Quadratzoll, und der Quotient wird die gesuchte Dicke sein.

Als ein Beispiel wollen wir annehmen, daß die Metallstärke in zwei Pressen, jede von 12 Zoll Durchmesser bestimmt werden solle, von denen die eine einen Druck von $1\,^1/_2$ und die andere von 3 Tonnen auf den Kreiszoll zu tragen hat, und die Festigkeit des Gußeisens zu 18000 Pfunden auf den Quadratzoll angenommen.

$1\,^1/_2$ Tonnen Druck auf den Kreiszoll betragen 4278 Pfd. auf den Quadratzoll,

3 Tonnen Druck auf den Kreiszoll betragen 8556 Pfd. auf den Quadratzoll, daher für den erstern Fall

$$\frac{4278 \times 6}{18000 - 4278} = 1{,}87 \text{ Zoll}$$

und für den zweiten

$$\frac{8556 \times 6}{18000 - 8556} = 5{,}44 \text{ Zoll Metallstärke,}$$

wogegen bei dem gewöhnlichen Verfahren die letztere Stärke nur das Doppelte von der erstern betragen würde.

Zu den Pressen, bei denen der Druck einer Flüssigkeit wirksam ist, gehört auch die Real'sche Presse, die jedoch nur zur Extraction organischer Substanzen gebraucht und daher hier übergangen wird.*

Siebentes Capitel.

Von den Buchdruckerpressen, den Buchdruckmaschinen, den Kupfer- und Steindruckpressen, Banknotenpresse u. s. w.

Die Buchdruckerpresse.**

Diese so allgemein angewandte Maschine hat, nachdem sie weit über dreihundert Jahre in ihrer ersten Form geblieben ist, erst in neuern Zeiten Verbesserungen erfahren, deren ihre Unvollkommenheiten sehr bedurften. Eine große Menge von Erfindungen sind dadurch veranlaßt, von denen wir die wichtigsten hier mehr oder weniger speciell erwähnen werden.

Die gemeine Buchdruckerpresse, die wir zuvörderst beschreiben, ist in ihrer in England gebräuchlichen Form, in Fig. 1, Taf. XXXIII, in einer geometrischen Ansicht dargestellt worden. AA sind zwei Wände oder starke Säulen, die durch vier Querbalken mit einander verbunden sind. Die erste derselben B heißt die Krone (cap, engl.), hat hauptsächlich den Zweck, die Wände (posts) gehörig auseinander zu halten; der zweite Querbalken, C, der sogenannte Oberballen (head), hat an seinen Enden Ansätze oder Zapfen, mit denen er in zwei langen Einschnitten der Wände liegt, jedoch nicht unbeweglich. Ueber und unter jedem Ansätze sind nämlich die Oeffnungen der Wände mit Stückchen von dünner Pappe oder von weichem Holz ausgefüllt, welche weiche Unterlagen für C geben. Dieses Stück C ist mit der Krone b mittelst zweier starken Schraubenbolzen ss verbunden, und in ihrer Mitte ist mittelst zweier kurzen Schraubenbolzen eine messingene Schraubenmutter befestigt, welche das obere Ende der senkrechten Preßspindel S, durch welche der Druck hervorgebracht wird, aufnimmt. Der dritte Querbalken der Presse, D, die sogenannte Brücke (sheff, till) hat den Zweck, einen Theil, welcher das Schloß (im Engl. hose genannt), der die Spindel und Schraube enthält, zu leiten und senkrecht und steif zu erhalten. Der nun folgende Querbalken, E (winter, im Engl. genannt), liegt zwischen den Wänden und hat den Zweck, das Fundament zu tragen. Er hat denselben Druck unten auszuhalten, den die Krone oben zu ertragen hat. Die Preßspindel oder Schraube (spindle or screw) FF ist eine starke, senkrecht stehende, unten verstahlte Eisenstange. Das obere

* Zum weitern Studium ist auch zu empfehlen der Artikel „Presse" im 7. Bande von Gehler's physikal. Wörterbuche.

** Wir benutzten hierbei Barlow, S. 774 rc., den vortrefflichen Artikel „Buchdruckerpresse" von Prof. Altmütter in Wien, in Prechtl's technol. Encykl. Bd. 3, so wie das nicht minder vortreffliche „Journal für Buchdruckerkunst rc." von dem hiesigen Buchhändler und Buchdruckereibesitzer Hrn. J. H. Meyer.

Ende der Spindel hat flache, dreifache Gänge mit starker Neigung der Gewinde, damit eine geringe Kreisbewegung der Spindel hinreichend ist, den Abdruck zu bewirken. Das Schraubengewinde bewegt sich in der Mutter und die Bewegung der Spindel erfolgt durch den Preßbengel (handle) H. Er ist von Eisen, zum bequemen Anfassen aber mit einer hölzernen Hülse, Bengelscheide, zum Theil bedeckt. Seine Stange selbst ist flachviereckig, in ein gleich geformtes Loch der Spindel eingeschoben und das über sie vorstehende Ende mit einem Keile gegen das Losgehen verwahrt.

Unter dem untern Ende der Spindel ist der Tiegel (plattin) G G angebracht, welches derjenige Maschinentheil ist, der den Druck auf das Papier ausübt. Er besteht am besten aus gegossenem Messing, ist an seiner untern Fläche vollkommen glatt und eben und so groß, daß die letztere die Hälfte der Form reichlich zu bedecken im Stande ist. Da zum Anpressen des Papiers an alle erhöhten Züge des Satzes ein gewaltiger Druck erforderlich ist, so leuchtet ein, warum der Tiegel häufig nur die halbe Größe der Form hat, und daher auch zweimal zum Abdruck eines einzigen Bogens oder einer Form herunter gehen muß. Bei den in der Folge zu beschreibenden neuern Druckerpressen geschieht jedoch der Abzug mit einem Zuge und die Größe des Tiegels ist mit jener der Form in Uebereinstimmung. Der Tiegel ist an dem, Schloß genannten Theil der Spindel aufgehängt. Es ist dieß ein quadratisches Stück Holz, K, welches dadurch in senkrechter Richtung erhalten wird, daß es durch den Querbalken D geht. Das untere Ende der Spindel geht durch diesen Theil K, läuft konisch oder rund zu und steht in einem messingenen Pfännchen, welches in der obern Fläche des Tiegels eingelassen ist. Wenn daher der Drucker den Preßbengel H nach sich zieht, so dreht er die Spindel, deren Gewinde sich in der Mutter dreht und niedergeht, daher den Tiegel nieder und auf den Bogen drückt, welcher über den Lettern liegt. Der Tiegel hängt an der Spindel und geht daher mit derselben wieder in die Höhe, um von den Lettern entfernt werden zu können. Die Spindel steht daher mit dem Tiegel in Verbindung, da dieser nur durch jene in Bewegung gesetzt wird, allein so, daß, während die Spindel die Arendrehung vollbringt und dabei so wie jede Schraube auf- und abwärts geht, der Tiegel blos an der letztern geradlinigten Bewegung Theil nimmt. Zu diesem Ende ist nun das Schloß (hose) vorhanden, welches die drehende Bewegung der Spindel gestattet, aber nur die senkrechte auf- und abwärtsgehende der Spindel erhält und sie dem Tiegel mittheilt. Schloß und Tiegel sind jedes mit vier Haken versehen und letzterer ist an ersteren genau wagrecht aufgehängt.

Der nächste wichtige Theil der Druckerpresse ist der Karren (carriage) L L, der den Zweck hat, die Typen und deren Zubehör unter den Tiegel und wieder zurück zu führen. Der Karren wird von dem Rost, d. h. von zwei langen wagrechten Balken getragen, die an ihren Enden durch Querstücke verbunden sind und die hinten auf dem Querbalken E und vorn auf zwei senkrechten Ständern (forestay) ruhen. Jeder von diesen Balken ist mit einer vollkommen gerade abgerichteten Eisenschiene belegt. Diesen Schienen entsprechen auf der untern Fläche des Laufbrettes oder Karrens acht, in zwei Reihen stehende, aus Messing, Eisen oder Stahl gearbeitete, sogenannte Klammern (cramp-irons). Mittelst derselben wird der Karren von den Schienen nicht nur getragen, sondern er ist auch auf denselben sehr leicht beweglich, vorausgesetzt, daß die Berührungsflächen der Schienen und Klammern recht glatt gearbeitet sind und fortwährend eingeölt erhalten werden. Damit das Laufbrett, der untere Theil des Karrens, bei seiner Bewegung von der geraden Richtung nicht abweicht und nach der Breite wankt, so sind die beiden Balken des Rostes so ausgenommen, daß das Laufbrett hineinpaßt und keiner Seitenbewegung unterworfen sein kann. — Zur Bewegung des Karrens auf den Schienen des Rostes dient eine eiserne Spindel (split), welche in der Mitte mit zwei Rollen oder mit einer Walze versehen ist, um welche zwei lederne Riemen, oder noch besser Gurten, geschlungen sind, deren Enden an den beiden Enden des Laufbrettes befestigt sind. An dem einen Ende der Spindel ist eine Kurbel n angebracht. Indem nun der Drucker die Kurbel nach der einen oder nach der andern Richtung dreht, kann der Karren unter den Tiegel und wieder darunter hervorgezogen werden. Ist der Tiegel, wie es häufig noch bei der gemeinen Buchdruckerpresse der Fall ist, nicht so groß wie die ganze Form, so muß der Karren erst zur Hälfte und dann ganz unter den Tiegel gelangen. Der Karren besteht aus einem starken Brette, dem Laufbrette, auf welchem ringsum hölzerne Leisten (der Kranz) befestigt sind, und auf welchem, von letztern umgeben, ein sehr ebener und glatter Stein, das sogenannte Fundament, ruhet, um die Form mit den Lettern zu tragen; jedoch kann das Fundament, wie bei den neuern Pressen, auch eben so gut von Gußeisen oder Messing bestehen. An dem Kranz sind die einen Enden von Aufhaltriemen und mit den andern an die Wände der Presse befestigt, damit der Karren nicht zu weit vorgeht, wenn er unter dem Tiegel hervorgezogen wird. Auf der vordern Kante ist der sogenannte Galgen oder Deckelstuhl (gallows) M angebracht, der dem aufgeschlagenen Deckel zur Unterstützung dient.

Wir wenden uns nun endlich zu der Beschreibung desjenigen Theiles der Presse, welcher die Lettern aufnimmt. Wir sahen, daß auf dem Laufbrette der Kranz und das Fundament ruhen. Letzteres muß ganz eben und glatt geschliffen sein, weil es den Lettern und dem Satze überhaupt zur unmittelbaren Unterlage dient; woraus auch erhellet, daß das Fundament desto besser seinen Zweck erfüllen wird, je härter seine Masse ist, um dem auf die Lettern auszuübenden Drucke vollkommen zu widerstehen. Aus diesem Grunde, verbunden mit der größern Wohlfeilheit, ist Gußeisen das beste Material zu dem Fundament und wird auch jetzt überall dazu angewendet. Die geschlossene Form, d. h. die zu mehren Columnen (je nach dem Formate) vereinigten und verbundenen Lettern, werden nun in dem Kranze befestigt. Zu dem Ende sind auf die vier Ecken des Kranzes eben so viele erhöhte Winkelstücke mit Nägeln oder Schrauben befestigt. Holzkeile, welche man zwischen die innern Flächen dieser Winkel und die äußern des Rahmens, der die Form umgiebt, eintreibt, versichern den unveränderlichen Stand der letztern. — Auf den Kranz paßt der Deckel (tympan) O und in diesen das Rähmchen (frisquet) N N, beide zum bequemen Anbringen des zu bedruckenden Papiers bestimmt. Der Deckel ist

mit dem Kranze durch zwei Gewinde verbunden. Er ist ein Blindrahmen, aus vier Leisten bestehend, von denen die zwei längern und die kurze an den gedachten Gewinden des Kranzes von Holz, die vierte äußere aber (headband) von Eisenblech bestehen. Das Innere des Deckels ist mit starker ungebleichter Leinwand, seltener mit dünnem Pergament oder mit Seidenzeug überzogen, welche stark gespannt und an den Seiten der Leisten festgeleimt sind. An der äußern Leiste hat der Deckel abermals zwei Gewinde, in denen das Rähmchen hängt, welches aus vier Leisten von Eisenblech besteht, denen man noch mehre nach der Verschiedenheit des Formates, in welchem gedruckt wird, und zwar blos aus Buchenspänen beifügt. Das Rähmchen wird vor dem Gebrauch ganz mit starkem Papier überzogen, dieser Ueberzug aber so ausgeschnitten, daß, wenn er auf die Form umgelegt wird, die Columnen der letztern in die Ausschnitte passen, die sämmtlichen Stege aber, und überhaupt alles, was sich nicht abdrucken soll, von demselben bedeckt werden. Der Nutzen dieser Vorkehrung besteht darin, daß das zu bedruckende Papier nicht beschmutzt wird.

An dem Deckel sind auch noch die Punkturspitzen vorhanden; sie stehen senkrecht auf den Punkturscheeren, welche, gabelförmig gespalten, unter den flachen runden Platten der sie festhaltenden und in der Mitte der langen Leisten eingeschrobenen Schrauben, vor und zurück, oder zur Seite geschoben, mit einem Worte, nach Erforderniß gestellt werden können. Der zu bedruckende Bogen wird auf die Spitzen aufgestochen, so daß dadurch die zwei Punkturlöcher entstehen. Es wird nun das Rähmchen auf den Deckel, also auf den daselbst befindlichen Bogen gelegt und mit der sogenannten Deckelschnalle, einer Art Haken, befestigt; endlich aber schlägt man Deckel und Rähmchen mit einander so um, daß sie auf dem Kranze liegen und dadurch auch das Papier den eingeschwärzten Satz berührt. Außerdem, daß der Ueberzug des Rähmchens, wie schon bemerkt wurde, das Ansetzen der Farbe an allen Stellen des Papiers verhindert, die weiß bleiben sollen, gewährt es auch den Vortheil, daß das Papier durch dasselbe flach und ausgespannt erhalten wird, auch sehr bequem auf die Form gebracht werden kann. Damit die Punkturspitzen keinen Schaden nehmen können, so entsprechen ihnen auf dem Mittelstege der Form zwei längliche Vertiefungen, in die sie sich einsenken. — Der Karren wird nun unter den Tiegel geführt und der Druck der einen Seite des Bogens, auf die oben angegebene Weise ausgeführt. Dann wird der Karren mittelst der Kurbel wieder vorgezogen, der Deckel und das Rähmchen geöffnet, der bedruckte Bogen herausgenommen, ein anderer hineingelegt und auf die angegebene Weise fortgefahren. Jedoch überschreitet das specielle Eingehen auf die Manipulation des Druckens die uns hier gesteckten Grenzen, da wir nur die Druckerpresse beschreiben wollten, und wir wenden uns nun zu der Beschreibung anderer Arten derselben.

Mangelhaft an der gemeinen Buchdruckerpresse ist vorzüglich die beschränkte Wirkung der Preßspindel. So schätzbar die Schraube für das Maschinenwesen überhaupt ist, bemerkt Prof. Altmütter, so treten doch hier mehre Umstände ein, welche sie minder wirksam machen. Beim Abdruck einer Buchdruckerform ist es nämlich nöthig, daß die pressende Fläche ohne Zeitverlust mit der Form in Berührung gebracht wird; dann aber, daß der Druck zunimmt, um das Papier mit den Lettern überall in Berührung zu bringen, ja sogar, daß er, wenn er am stärksten geworden ist, noch einige Zeit anhält, um das Uebertragen der Farbe recht sicher zu bewerkstelligen. Alles das wird jedoch nur unvollkommen durch die gewöhnliche Presse erreicht. Man giebt der Spindel stark steigende Gewinde, damit sie anfangs einer schnellen Bewegung fähig wird und mit Beihülfe einer Schwungkugel am Bengel eine Art Stoß bei der ersten Berührung des Tiegels mit der Form ausübt; den noch nöthigen stärkern Druck aber muß der Arbeiter zuletzt durch seine körperliche Kraft und durch die größte Anstrengung erzwingen, indem er sogar den Körper zurückbiegt und dessen Schwere mit in Anwendung bringt. Eine bedeutende Kraftvermehrung ist bei einer Schraube, deren Gewinde stark schief sind, nicht möglich, wohl aber eine größere Geschwindigkeit. Die Schraubengänge enger zu machen ist aber hier nicht thunlich, ungeachtet der von der Schraube zu machende Weg gering ist; allein man kann eine solche feinere Schraube nicht in Schwung bringen und man würde den erwähnten Stoß entbehren müssen, auch zu viel Zeit im Anfange der Bewegung verlieren. Damit dieser Stoß nicht bloß augenblicklich anhält, sondern in einen constanten Druck übergeht und zwar, ohne Rückwirkung auf den Arbeiter auszuüben, ist man genöthigt gewesen, dem Preßbalken elastische Unterlagen zu geben, und auch mit aus diesem Grunde sehr weiche Deckel anzuwenden; jedoch ist damit Kraftverschwendung und sonstiger Nachtheil verbunden.

Unter den neuern Pressen sind viele, bei denen man die Wirkung der Schraube, deren immer senkrecht bleibender Druck ein großer Vorzug ist, durch abgeänderte Einrichtung erhöhet hat; bei andern hat man die Schraube ganz zu beseitigen und durch andere mechanische Mittel zu ersetzen gesucht. Ferner unterscheiden sich die neuern Pressen, von welchen zunächst einige der vorzüglichsten beschrieben werden sollen, auch dadurch, daß fast alle ihre Theile von Metall, meistens Gußeisen, sind, und daß der Tiegel die volle Bogengröße hat, so daß mit einem einzigen Zuge die ganze Form abgedruckt wird. Man sucht dadurch entweder Schonung des Arbeiters, oder einen größern Effect in Beziehung auf die Quantität der Arbeit, oder auch wohl beide Zwecke zugleich zu erreichen.

Unter den ersten Verbesserern der Buchdruckerpresse verdient Haas in Basel genannt zu werden. Er hat dieselbe der Münz- oder Knopfmacher-Presse ähnlich gemacht, so daß ihr Gestell einen geschlossenen Bogen bildet, über welchen der mit einer Schwungkugel versehene Balancier oder Bengel durch einen weit größern Raum als sonst sich bewegen läßt, und daher auch einen weit stärkern Stoß auszuüben vermag. Der letzte anhaltende Druck aber ist dennoch auf die Kraft des Arbeiters berechnet, und daher auch die Behandlung der Presse wenigstens eben so anstrengend als die der gemeinen.

Die Stanhope-Presse. — Höchst sinnreich erdacht, und ihrer vorzüglichen Leistung wegen sehr beliebt geworden, ist die in den Fig. 2 und 3 abgebildete Presse des Lord Stanhope. Das gußeiserne Gestell **A** ist mittelst angegossener Lappen an den hölzernen Untersatz **BB** befestigt. Am höchsten Theile des Gestelles findet bei **C** die Preßspindel ihre

Mutter. Mit ihrem untern Theile steht ein Schieber in Verbindung; er endigt oben in einen stärkern Ansatz d, Fig. 2, der, hohl ausgedreht, die Spindel aufnimmt. d bildet eine Büchse, in welche das Spindelende versenkt und durch eine an d befestigte Kappe sich von jenem Stücke zu trennen verhindert wird. Jedoch kann sich die Spindel sowohl um ihre Are als auch um d drehen, letzteres aber mit dem Schieber, eben durch die Umdrehung derselben senkrecht auf- und absteigen. Damit dieß mit der erforderlichen Sicherheit geschehe, so sind in einer Oeffnung des Gestelles, zu beiden Seiten des Buchstabens d, Leitungen angebracht, in welche der Schieber eingepaßt ist und welche ihm zur Führung dienen. Sein Fuß ist eine ebene, durch zwei erhöhte Rippen verstärkte Platte, an welcher mittelst vier Schrauben der Tiegel O befestigt ist. Dieser ist mit vielen sich kreuzenden Leisten oder Verstärkungsrippen versehen und nebst dem Fundament auf einer Scheibendrehbank, mittelst des Supportes abgedreht, um beide vollkommen eben und parallel zu erhalten; eine Vorsicht, die bei allen gut gebaueten eisernen Pressen angewendet werden muß.

Die Hand des Druckers bewegt die Preßschraube nicht unmittelbar, sondern durch eine Hebelverbindung, worin der charakteristische Unterschied dieser Presse hauptsächlich beruht. Der Bengel H ist an einer senkrechten, nur der Arendrehung fähigen Spindel M, Fig. 2, befestigt, an deren entgegengesetztem, obern Ende der Hebel P angebracht ist. Von diesem geht die Verbindungsstange c zu dem zweiten an der Preßschraube befestigten, kürzern Hebel P'. Wird daher der Bengel angezogen, so geht die Spindel und mit ihr der Tiegel nieder. Das Wichtigste bei dieser Art der Bewegung aber ist die verschiedene Geschwindigkeit, mit welcher dieselbe während des Zuges an H erfolgt. Im Anfange wirkt der Hebel P mit seiner vollen Länge auf den kürzern, die Schraube bewegt sich daher jetzt, wo sie noch keinen Druck auszuüben braucht, schneller, als wenn der Bengel selbst an ihr fest wäre. Später aber, wenn er sich fast gerade stellt, nimmt diese Geschwindigkeit ab, die Kraft hingegen zu, welche noch überdieß bei der veränderten Stellung des Bengels beinahe senkrecht auf den kürzern Hebel wirkt. Es wird daher der Vortheil der größern Geschwindigkeit im Anfange und des zunehmenden Drucks gegen das Ende des Zuges vollkommen erreicht, ohne daß der Bengel einen eigentlichen Schwung erhält, oder am Ende des Zuges der Drucker sich unmäßig anstrengen muß.

Bei den gemeinen Pressen geht der Bengel, wegen der Elasticität des Deckels und der Unterlagen des Preßbalkens, nach geschehenem Abdrucke sehr leicht, ja fast von selbst zurück. Allein bei den neuern Pressen, denen jene Elasticität fehlt und bei welchen der Tiegel weit größer ist und ein Gewicht von ungefähr zwei Centnern hat, muß er nach dem Zuge gehoben, oder doch wenigstens so balancirt werden, daß er durch eine geringe Kraft in die erste Lage zurückzuführen ist. Bei der Stanhope-, so wie bei den meisten neuern Pressen, wendet man dazu ein Gegengewicht T an, welches auf der Stange verschiebbar ist. Die Gewichtstange hat ferner eine Are, welche frei beweglich von zwei Gabeln getragen wird, die am Gestelle befestigt sind.

Die Presse hat kein abgesondertes Fundament, sondern statt dessen dient die obere Fläche des Karrens Q, der aus

einer, unten mit Rippen oder Zellen verstärkten Platte besteht. Die Einfassungen s, t, aus geschmiedetem Eisen, welche etwas über die Fläche Q vorstehen, sind, statt der sonst gewöhnlichen Winkel, zum Festkeilen der Druckform vorhanden. Der Deckel R und das Rähmchen S haben eine von den gewöhnlichen nicht wesentlich verschiedene Einrichtung. Der Deckelstuhl R' ist hier ebenfalls von Eisen.

Der Karren läuft auf vier Rädern und wird noch überdieß von zwei Federn getragen oder schwebend erhalten. Die Räder laufen auf den eisernen Schienen DD, deren eines Ende mit dem Gestell A durch zwei starke Leisten bb verbunden ist. Kränze an den Rädern von größerm Durchmesser verhindern das Schwanken und erhalten den Karren in gerader Richtung. Ist er unter den Tiegel gelangt, so wird er nicht mehr von den Rädern getragen, sondern unmittelbar von höher liegenden Leisten, auf welche er aufläuft. — Der Karren wird fast so wie jener der alten Pressen mit einer Kurbel m und einer Walze geführt. Da nach der gewöhnlichen Art die Riemen oder Gurten, indem sie beide nicht auf die Mitte der Walzen gehen können, etwas schief ziehen, so ist dieser Unregelmäßigkeit hier, so wie bei den meisten neuen Pressen, dadurch abgeholfen, daß man drei Riemen, oder auch wohl zwei Paare derselben anbringt, wovon zwei gleichlaufende an den Enden der Walze, der dritte oder das zweite Paar innerhalb derselben in verkehrter Richtung gegen erstere sich befinden. — Zuweilen befestigt man auch die Riemen nicht an den Karren selbst, sondern an eigenen mit demselben verbundenen eisernen Aren, welche mit einem Sperrrade versehen, die Riemen oder Bänder, wenn sie sich gedehnt haben, wieder zu spannen gestatten.

Die Columbia-Presse. — Diese ist von G. Clymer in Philadelphia erfunden, hat großen Ruf erlangt und ist auch in Deutschland sehr verbreitet. Die Figur 1, Tafel XXXIV, giebt eine Darstellung ihres Charakteristischen, oder der eigentlichen Druckvorrichtung; sie ist in der Abbildung in Ruhe dargestellt. Sie hat nichts einer Preßspindel Aehnliches, sondern nur eine Zusammensetzung von Hebeln. Der größte derselben, oder der Preßbaum A ist mit dem einen Ständer B des Gestelles durch ein Gewinde vereinigt und daher in B beweglich. Die auch auf der Hinterseite von A verlängerte Are a' liegt in eigenen Lagern, die sich am Stempel D befinden. Er ist im Querdurchschnitte quadratisch, mit einer seiner Kanten nach vorn gekehrt und endet sich in ein flachrundes Stahlstück 3, welches wieder auf einer ebenen Platte am Tiegel T ruht. Die Platte 7 und vier Schrauben, von welchen die drei auf der Vorderseite sichtbaren mit 4, 5, 6 bezeichnet sind, halten T und D zusammen. Die von den Ständern B und CF ausgehenden Theile 1, 2 dienen zur Leitung von D. Man sieht leicht, daß der Tiegel, vermöge der beschriebenen Einrichtung der Bewegung des Hebels A wird folgen müssen.

Am freien Ende des Preßbaumes A ist c das Gewinde für die Verbindungsstange b; eine zweite ganz gleiche, von b verdeckte, befindet sich auf der hintern Seite von A. Beide haben ein zweites Gewinde bei d, welches sie mit dem Hebel ef in Verbindung setzt. Dieser Hebel hat seine Drehungsare e in dem vorspringenden Kopfe F des Ständers CF. Daher bedarf es zur Aufnahme des Endes d

von b, und des zweiten gleichen an der Hinterseite, auf beiden Flächen verlängerter Zapfen, weil ihm in der Dicke von F, folglich in einigem Abstande von der Stange c, b, d und der mit ihm gleich laufenden seine Stelle angewiesen ist. Auch bei f ist eine erhöhete Axe angebracht, zur Bildung des Gewindes, welches den Zusammenhang von e f mit der Zugstange h und dem Preßbengel k herstellt. Die letztgenannten Theile sind nochmals in Fig. 2, im Grundrisse abgebildet. Hier ist f das Mittelstück des Gewindes Fig. 1, h die Zugstange sammt ihrem zweiten Gewinde i auf dem Winkel l m, in dessen freien Arm der Schaft des Preßbengels k eingesteckt ist. Der Arm m hat ein rundes Loch für die im Gestelle befindliche und festgeschraubte Axe n, n', Fig. 27, um welche sich daher l (l m, Fig. 2) am Bengel k drehen läßt. Geschieht dieß in der Richtung des Pfeiles, bis alles in die punktirte Lage k' l' i' m', Fig. 2, gelangt, so ist auch der Tiegel der Presse niedergegangen und zwar auf eine Art, welche noch einiger Erläuterung bedarf. Die Zugstange h stellt sich beinahe gerade, wie h'; da aber zugleich i den Weg bis i' gemacht haben muß, so zieht h auch den Punkt, oder die Axe p, p, Fig. 1, 2 bis p' p', Fig. 2. Hierdurch entsteht gleichzeitig in den andern Haupttheilen der Presse eine veränderte Lage. Der Hebel e, f, Fig. 1, beschreibt, von h bewegt, bei f einen Bogen, so daß f sich dem Gestelle C F nähert und zugleich tiefer zu stehen kommt, als in der Abbildung. Das letztere geschieht auch mit c, b, d und seinem Gegenstücke, so daß endlich A sammt D und T gleichfalls abwärts bewegt und der Druck vollbracht wird.

Außer den Gewinden f und i ist noch das mit g bezeichnete, gegen die erstern verkehrt gestellte, bemerkenswerth. Es ist unentbehrlich für die veränderte Lage der Zugstange g' h' i', Fig. 2. Die Zugstange wird durch die drei Gewinde f, g, i, nach allen Richtungen beweglich, eine Eigenschaft, welche ihrer nach zweierlei Richtungen schiefen Lage wegen, bei jedem Zuge des Preßbengels in Anspruch genommen wird.

Der Arm m', Fig. 2, steht nach vollbrachtem Zuge an dem über eine eigene Stütze hervorragenden Ende einer Stellschraube an. Die Stütze sieht man bei r, Fig. 1, der kleine Kreis daselbst bezeichnet die Schraube, welche ihren Kopf zum Umdrehen hinter r, in r aber die Mutter hat. Mit ihr wird die Bewegung von k, m, Fig. 2, regulirt, da m einen größern oder kleinern Bogen machen kann, je nachdem die Schraube weniger oder mehr über ihre Mutter vorsteht. Aber auch die Stange h kann verlängert oder verkürzt werden. Sie geht in eine Schraube aus, welche in ein rundes Loch in die Hülse nächst dem Gewinde g eintritt. Eine Schraubenmutter o ist in dieser Hülse blos rund beweglich, und führt das Schraubenende von h in dieselbe hinaus und hinein, wenn sie nach einer oder der andern Richtung gedreht wird. Die Stellung der Schraube in r, Fig. 1, und die Veränderung der Länge von h bestimmen die Tiefe, bis zu welcher der Tiegel der Presse niedergehen soll, auf eine Art, die nach dem Gesagten keiner weitern Auseinandersetzung bedarf.

Da der Drucker nach der in der Zeichnung angenommenen Lage des Preßbengels ziemlich weit um denselben ausgreifen muß, so zieht man jetzt die Einrichtung vor, nach welcher die Zugstange h verlängert wird, bei D vorbei-

geht, und die Träger für n, n' sammt k, l an der Stütze B angebracht werden.

Auch bei dieser Presse müssen Gewichte den Tiegel und die übrigen Theile, welche den Druck bewerkstelligt haben, in die ursprüngliche Lage wieder zurückbringen. Zwei senkrechte, mit einander gleichlaufende Schienen, auf Fig. 1 mit K bezeichnet, sind oben zu einem Ganzen verbunden. Sie haben den doppelten Zweck: das Vordertheil des Preßbaumes A zwischen sich aufzunehmen, um Seitenschwankungen desselben zu verhindern, und auf ihrer obern Fläche das Lager L für die Axe des zweiarmigen Hebels MZ zu tragen. Der Arm ZL ist frei, nur sein Ende Z liegt, damit er zur Seite keinen Spielraum hat, zwischen einer Art von Gabel P. Auf seinem geraden Theile läßt sich das Gewicht N verschieben und mit der Schraube Q feststellen. Vom andern Arme geht die Verbindungsstange M, M' an das Ende des Preßbaums A, der folglich von dem Gewicht gehoben wird. Zum leichtern Zurückbringen des Preßbengels und der mit ihm zusammengehängten Theile ist die Axe e über C F hinaus rückwärts, an ihr der Arm y, und an diesem die Stange mit dem kleinern Gewicht q fest, welches daher den Hebel e f heben hilft.

Die Ruthven'sche oder **s c h o t t i s c h e T a f e l - P r e s s e**, erfunden von **J o h n R u t h v e n** in Edinburg, weicht in folgenden Punkten von allen übrigen, bisher bekannten Pressen ab.

Die Formen, Platten, Stöcke oder andere Oberflächen, von denen der Druck abgezogen werden soll, befinden sich nicht, wie sonst auf einem beweglichen Karren, sondern auf einem feststehenden Fundament, welches mit dem gewöhnlichen Apparat, dem Deckel, Rähmchen ꝛc. versehen ist.

Die Maschinerie, durch welche die Druckkraft hervorgebracht wird, liegt unmittelbar unter diesem feststehenden Fundament, und der Tiegel oder die pressende Oberfläche, welche gegen die Form oder über den Deckel zu liegen kommt, wird von der Seite darüber bewegt, und an zwei gegenüber liegenden Seiten mit der untern Maschinerie verbunden, durch diese aber so kräftig angezogen, daß der Druck vollbracht wird. Sobald dieß geschehen, läßt sich der Tiegel mittelst eines Tretschemels, oder auf eine andere Art beseitigen, worauf ein neuer Bogen eingelegt wird. Die Druckmaschinerie besteht aus mehren Hebeln, die der Drucker mittelst eines Stabes oder einer Kurbel in Bewegung setzt.

Fig. 4, Taf. XXXIII, zeigt die Presse im Grundriß und Fig. 2 im senkrechten Durchschnitt durch die Mitte.

A A ist das Fundament, am zweckmäßigsten aus Gußeisen bestehend. Es liegt auf einem gußeisernen Gestell, welches aus den Beinen BB und den Streben C besteht. Das Fundament ist mit einem Deckel PP versehen, dessen einer Rand auf die gewöhnliche Weise durch Gewinde an demselben befestigt ist und sich mit seinem Rähmchen in die durch punktirte Linien angebene Lage 10, 11 aufschlagen läßt, damit man den bedruckten Bogen herausnehmen könne. Die punktirten Linien 12, 12 zeigen den Galgen an.

Um die Form auf dem Fundament zu befestigen, dienen die Schrauben 13, 13, Fig. 4, welche auch noch ein beliebiges Richten der Form gestatten.

Unter dem Fundament oder der Formtafel befinden sich die Hebel DF, DF, deren Drehungspunkte in D liegen und

welche auf die doppelten Haken EE wirken. Die Enden FF können mittelst eines dritten Hebels, des Winkelhebels IGH, der den beiden vorigen gemeinschaftlich ist, herunter gezogen werden. Die Verbindung wird durch das Glied a hergestellt und G ist der Drehpunkt des Winkelhebels. H ist ein dritter Wirbel an diesem Winkelhebel, auf welchen die Kraft mittelst der Verbindungsstange K einwirkt, deren anderes Ende an einem kurzen Krummzapfen W angebracht ist, der auf einer Spindel L sitzt, die nach vorn hervorsteht, und an der hinten eine Kurbel, N, Fig. 4, angebracht ist.

Der Tiegel der Presse ist bei PP zu sehen; er besteht ebenfalls aus Gußeisen. Ueber ihm befindet sich eine starke Metallstange MM, die entweder gleich daran gegossen, oder durch Schrauben ss daran befestigt ist. An ihrem Ende befinden sich Bolzen dd, die angeschraubt sein können und unten mit einem Kopf versehen sind, der sich genau in die früher beschriebenen doppelten Haken EE versenkt. Vermittelst dieser steht der Tiegel mit den Hebeln DF, DF in Verbindung, so daß, wenn die Kurbel nach der in Figur 5 durch den Pfeil angedeuteten Richtung gedreht wird, der Druck geschieht. Die Kurbel dreht den Krummzapfen W und stößt dadurch die Schieberstange K rechts, diese wirkt auf die Spitze H des Winkelhebels HIG und dieser dreht sich um seinen Winkel G und zieht das Glied a sammt den Hebeln DF nieder, wodurch der Tiegel vermittelst der Haken E und der Bolzen d auf den Deckel gezogen wird. Indem man die Kurbel N in ihre frühere Lage zurückbringt, läßt der Druck nach, und der Tiegel kann nun auf folgende Weise abgefahren werden: Am Ende der Stange M befinden sich zwei Federn bb, Fig. 4, in deren Enden Rollen oder Räder angebracht sind, die sich um Stifte drehen, am Kranz mit Rinnen oder Läufen versehen sind und auf scharfen, auf dem obern Rande der Laufeisen RR angebrachten Schienen laufen. Die Laufeisen gehen quer über das Preßgestell und weit genug nach hinten, wie Fig. 4 zeigt, indem sie auf einem Hintergestell ruhen. Auf diesen Schienen und Rädern kann der Tiegel mit Bequemlichkeit hin und her bewegt werden, und sobald er über den Preßdeckel kommt, versenken sich die Bolzen dd in die Haken EE, so daß nun die oben beschriebenen Hebel auf den Tiegel einwirken können.

Die Federn bb werden so gestellt, daß bei der Ortsveränderung des Tiegels die untere Fläche desselben so hoch getragen wird, daß er frei von dem Deckel ablaufen kann; wenn sich aber die Bolzen dd mit ihren Köpfen in die Haken EE versenkt haben und die Kurbel N umgedreht wird, so geben diese Federn nach. Sie haben jedoch hinlängliche Stärke, um, sobald der Druck aufhört, den Tiegel vom Deckel abzuheben.

Um den Tiegel über den Deckel und die Form zu ziehen, ist ein Griff h darauf befestigt, den der Drucker mit der Hand faßt; doch kann diese Ortsveränderung auch mittelst des Fußes und zwar auf folgende Weise geschehen. An den zwei vordersten Rollen sind Gelenke kk angebracht, die durch ein bewegliches Niet mit den obern Enden zweier langen Hebel mm in Verbindung stehen. Letztere sitzen auf einer gemeinschaftlichen Welle n, die sich quer unter der ganzen Maschine hinweg erstreckt. An ihr befindet sich ein kurzer

Hebel und mit diesem steht eine Stange in Verbindung, welche ihn an einen Winkelhebel schließt, dessen einer Arm i einen Tretschemel trägt. Wenn auf diesen getreten wird, so werden durch die Verbindung der verschiedenen Hebel die Stangen mm vorwärts gezogen, so daß der Tiegel bis zum Eingriff in die Haken EE vorrückt.

Die Kraft der Presse wird sich nach dem Verhältniß der verschiedenen Hebel und der Länge des Weges, den die Kurbel N zurücklegt, im Verhältniß zu der Ortsveränderung des Tiegels O in senkrechter Richtung bestimmen lassen. Indeß müssen wir bemerken, daß die Kraft dieser Presse zunimmt, während sich der Griff der Kurbel der Horizontallinie DD, Fig. 5, nähert; denn einmal ist derselbe dann in der günstigsten Lage, indem der Drucker die Schwere seines Körpers darauf werfen kann; ferner kommt der Krummzapfen dann in eine Lage, in welcher er die Schiebestange K mit großer Kraft vorwärts treiben kann, wie die punktirte Linie 2 2 zeigt; denn wenn der Hebel und der Stab ziemlich in eine gerade Linie kommen, so ist die Kraft sehr groß. Ferner ist der Hebelarm GH in der günstigsten, durch G 2 angedeuteten Lage, um die Wirkung der nun senkrecht darauf drückenden Stange K zu empfangen. Endlich befindet sich der Hebelarm GI dann in derjenigen Lage, in welcher er auf das Glied a und die Hebel DF eine stärkere Wirkung ausübt, als wenn er horizontal liegt, indem in dem letztern Falle die Stange a nicht senkrecht zu ihm steht. Diese sämmtlichen Umstände wirken dahin, daß anfangs Zeit erspart und zuletzt ein ungeheurer Druck ausgeübt wird. Wenn der Griff N zuerst gefaßt wird, so befindet sich die Kraft, in Beziehung auf deren Vermehrung, nicht in der günstigsten Lage; desto mehr wird aber an Schnelligkeit gewonnen und der Tiegel daher sehr rasch auf den Deckel gebracht, während der Hauptkraftgewinn zu der Zeit stattfindet, wo er am nöthigsten ist, nämlich wenn der Bogen auf die Form drückt. Die Kurbel N stößt sich zuletzt an eine Hemmstange, oder irgend eine Widerlage, welche ihr ferneres Vorrücken hindert und somit den Grad des von der Presse ausgeübten Drucks regulirt. Um jedoch bei verschiedenen Arten von Arbeit den Druck beliebig vermehren zu können, befindet sich der Wirbel H in einer beweglichen Büchse, die sich in einem Falz der Schiebestange K hin- und herrücken und durch eine Stellschraube reguliren läßt. Man erlangt dadurch ein stärkeres oder geringeres Herabsteigen des Tiegels, während die Kurbel bis zur Widerlage gedreht wird. Hinter die verschiebbare Büchse des Wirbels legt man irgend eine Füllung, wie Pappe oder Holz, ein, wodurch in Verbindung mit der Schraube die richtige Stellung bewirkt wird. — Eine andere Methode, um dieselbe Wirkung hervor zu bringen, besteht darin, daß man die Muttern, welche an den oben befindlichen Schrauben der Bolzen dd sitzen, höher oder tiefer stellt. Eben so kann man die Schrauben ss lösen und zwischen den Bund des Tiegels mit der Stange M irgend eine Substanz stopfen, auf welche Weise man auch nachhilft, wenn der Tiegel nicht ganz parallel mit der Form liegt und daher der Druck an einer Stelle stärker wird, als an der andern.

Durch Federn lassen sich alle Gelenke zum festen Schluß bringen. So kann eine starke, Fig. 5, unter dem Fundament angebracht sein, welche auf die Haken EE wirkt, und dieselben hebt, so daß ihr Wirbel nicht schlottert; auch

kann man auf dem Hebel DF (wie man auf der rechten Seite von Fig. 5 sieht) eine kleine Feder anbringen, welche den Haken E ebenfalls hebt. Unten am Hebel DF kann sich ebenfalls eine solche befinden, die sich gegen einen vom Gestell vorstehenden Bolzen stemmt und den dichten Schluß des Wirbels FF bewirkt. Sollte man es für besser halten, die Schiebestange K in einen Zughebel zu verwandeln, so kann man den Krummzapfen W über die Spindel I bringen und den Winkelhebel GHI umkehren, so daß I auf die entgegengesetzte Seite von G zu liegen kommt. — Es sind überhaupt verschiedene wesentliche Abänderungen an der Ruthven-Presse gemacht worden, die wir jedoch hier übergehen müssen.

Die Hagarpresse, in Amerika erfunden und in neuerer Zeit auch in Deutschland in Anwendung gekommen, ist in den Fig. 3 und 4, Taf. XXXIV, dargestellt. Die untern Theile, d. h. Fundament und Untergestell, sind weggelassen, da sie von der Construction der andern neuern Pressen nicht wesentlich abweichen. Fig. 3 ist eine vordere Ansicht der obern Theile der Presse mit dem Bewegungsmechanismus und dem Tiegel. Fig. 4 ist eine Ansicht nach dem Querschnitte AB, Figur 3. Der Mechanismus, durch welchen der Druck geschieht, besteht, wie aus der Abbildung ersichtlich ist, aus einem Kniehebel, welcher in Verbindung mit einer sinnreichen Hebeleinrichtung bei geringer Kraftanstrengung und bei sehr elastischem Zuge einen ungleich stärkern Druck, als dieß bei allen übrigen Pressen der Fall ist, ausübt, was zum Theil auch dem Umstande beigemessen werden kann, daß die sich bewegenden Theile äußerst wenig Reibung verursachen. Man sieht, wenn man die verschiedenen beschriebenen Pressen mit einander vergleicht, daß die Hagarpresse in dem Bewegungsprinzip von den übrigen abweicht. Wir sahen aber schon oben im 6ten Capitel, bei Beschreibung der horizontalen Kniehebelpresse von Barker und Comp., daß dieselben außerordentlich wirksam seien und daß ihre Kraft steige. Dasselbe gilt auch von den Hagarpressen, bei denen der Kniehebel senkrecht wirkt.

Eine specielle Beschreibung der Abbildungen mit Bezeichnungen derselben mittelst Buchstaben ist, nachdem wir bei den übrigen Buchdruckerpressen sehr ins Einzelne gegangen sind, nicht nöthig, zumal der ganze Mechanismus sehr einfach ist und durch einen Blick auf die beiden Figuren sogleich deutlich werden wird. Man wird die Presse durch Anbringung mehrer zugleich wirkender Kniehebel noch zu verbessern suchen.

Das Abändern für die verschiedenen Schrifthöhen wird in dieser Presse auf eine sehr leichte Weise bewirkt. Hinter dem Haupte derselben befindet sich eine Schraubenmutter, welche mit einem Keile verbunden ist; durch Anziehen oder Nachlassen dieser Mutter wirkt der Keil auf einen Zapfen, welcher das obere Ende des Kniehebels aufnimmt und wodurch letzterer höher oder niedriger gestellt werden kann.

Durch die Wände der Presse, welche hier Säulen bilden, laufen starke schmiedeeiserne Stangen, deren Muttern auf dem Haupte durch messingene Knöpfe gedeckt sind. Der Tiegel wird durch vier Federn getragen, d. h. in den zwei in Fig. 2 sichtbaren, befinden sich solche von kleinerem Durchmesser. Alle sich reibenden Theile sind von gehärtetem Stahl.

Von einem sehr abweichenden Prinzip ist Saxton's hydrostatische Druckpresse, deren Charakteristisches sich hauptsächlich auf Anwendung eines biegsamen oder elastischen Tiegels bezieht, welcher nach den Gesetzen des anatomischen Hebers durch eine Flüssigkeit mit hohem Drucke gegen die Typen gepreßt wird und daher mehre von der gewöhnlichen Construction der Pressen abweichende Vorrichtungen erforderlich macht. Jedoch müssen wir uns hier nur auf Erwähnung dieser Art von Pressen beschränken und auf deren specielle Beschreibung in Meyer's Journal für Buchdruckerkunst rc., Nr. 12, v. J. 1836, verweisen, in welcher, seit Juli 1834 monatlich erscheinenden Zeitschrift man überhaupt alle Buchdruckerpressen beschrieben findet, von denen wir hier nur wenige von den wichtigern und bereits in allgemeine Anwendung gekommenen, aufnehmen konnten.

Druckmaschinen oder Schnellpressen.

Druckmaschinen im engern Sinne, oder Schnellpressen, sind solche Vorrichtungen, bei denen man möglichste Ersparniß an Handarbeit, und wie schon die zweite Benennung andeutet, große Schnelligkeit des Drucks zum Zwecke hat. Sie werden fast allgemein durch eine größere mechanische Kraft, z. B. eine Dampfmaschine in Thätigkeit gesetzt, und bedürfen zu ihrer Bedienung keiner geübten Drucker, da sogar das Einschwärzen des Satzes nicht durch Menschenhände, sondern durch diese nur das Auflegen des Papiers und das Abnehmen der gedruckten Bogen bewirkt wird.

In neuerer Zeit ist eine nicht geringe Anzahl von solchen, nach verschiedenen Prinzipien construirten Maschinen in Anwendung gekommen, die ganz außerordentlich verwickelt sind, so daß vollkommen genügende Beschreibungen derselben kaum vorhanden sind.

Die Grundprinzipe, nach denen man solche Maschinen gebauet hat, sind, wie schon bemerkt, zwar sehr verschieden, jedoch scheint jenes des Walzendrucks — welches auch neuerlich mehrmals bei der Druckerpresse angewendet worden ist — das beste und hier zweckmäßigste zu sein. Hierher gehört zuvörderst die älteste Druckmaschine von König, einem Deutschen, welcher schon seit 1809 mit diesem Gegenstande beschäftigt, seitdem nicht nur in England, sondern auch für Deutschland mehre Maschinenpressen von verschiedener Einrichtung und vorzüglicher Wirkung hergestellt hat.

Die Hauptidee zu denselben läßt sich bald deutlich machen. In der Mitte der Maschine befindet sich der Apparat zum Einschwärzen der Form. Am höchsten Theile desselben ist ein feststehendes Gefäß vorhanden, welches die Farbe enthält. Durch eine lange Spalte am Boden desselben fließt die Farbe langsam aus und gelangt zwischen zwei sich umdrehende metallene Walzen, auf deren Oberfläche sie gleichförmig vertheilt, und in diesem Zustande auf andere Walzen übertragen wird, wovon die letzte (ehemals mit Leder, jetzt mit einer elastischen Masse aus Leim und Syrup überzogen) unmittelbar die Druckform einschwärzt. Der Apparat zum Drucke selbst ist doppelt und bildet zwei einander gleiche Abtheilungen, zwischen welchen die Farbewalzen, von denen eben die Rede war, ihre Stelle haben. Das Hauptstück jeder Abtheilung ist ein Cylinder oder eine große Trommel, zum Auflegen des Papiers und zum Ab-

drucken desselben bestimmt. Die Trommel dreht sich um ihre Axe, jedoch absatzweise, so daß Zeit bleibt, auf dieselbe die Papierbogen zu bringen, welches von einem dazu bestimmten Arbeiter geschieht. Die Druckform hat die gewöhnliche Einrichtung, jedoch keinen Deckel und kein Rähmchen. Sie ist auf einem Karren befestigt, welcher mittelst Rädchen auf eigenen Geleisen längs des Gestelles fortgeht. Wenn die Form unter die sich drehende Trommel gelangt, so bewirkt diese den Abdruck; die Form setzt ihren Weg fort, bis über die Mitte des Gestelles hinaus, wo sie von der elastischen Walze mit Farbe versehen wird, dann aber umkehrt, um wieder an die erste Stelle außerhalb der Trommel zu gelangen. Da die Form jetzt in verkehrter Richtung unter der Trommel weggeht, so wird diese durch die Einrichtung des Mechanismus sammt ihren Lagern in die Höhe gehoben, und senkt sich erst dann, wenn die Form zum neuen Abdrucke ihren ersten Weg wieder beginnt. Für die Trommel am andern Ende des Gestelles ist eine zweite Form vorhanden, welche mit der ersten die gleichen Bewegungen theilt, zum Einschwärzen beider aber reicht ein Apparat hin, weil beide Formen, die eine, wenn sie vorwärts, die andere, wenn sie zurück geht, unter die Auftragewalze gelangen. Auch sind die neuern König'schen Maschinen so eingerichtet, daß die Bogen sogleich auf beiden Seiten bedruckt werden, oder daß jeder Bogen durch den Mechanismus umgekehrt wird, Schön- und Wiederdruck erhält und daher schon ganz fertig geliefert wird. — Eine nach dem König'schen Prinzipe construirte Maschine findet man am besten beschrieben in dem schon citirten trefflichen Artikel „Buchdruckerkunst" in Prechtls techn. Encyclopädie, III, S. 413 ꝛc.

Außer dieser König'schen sind in England viele andere Druckmaschinen bekannt geworden, die theils Verbesserungen, theils gänzliche Umstaltungen von jenen sind; allein es muß ausdrücklich bemerkt werden, daß allen die Ideen des verstorbenen König zu Grunde liegen. — Eine der vollkommensten und einfachsten Arten der Druckmaschinen ist die Napier'sche, die man sehr genau in Nr. 4 des Jahrganges 1837 von dem Meyer'schen Journale beschrieben und abgebildet findet. Hier soll die Maschine von Applegath und Cowper beschrieben werden.

Nach der Art ihrer Anwendung unterscheidet man hauptsächlich zweierlei Arten von Druckmaschinen, nämlich solche zum Druck von Zeitungen u. s. w., bei denen nur eine Seite auf einmal bedruckt wird, und solche zum Druck von Büchern und überhaupt von bessern Sachen, beide Seiten zu gleicher Zeit. Eine Maschine zu dem Druck der erstern Art ist weit einfacher als eine zum Druck der zweiten; bei jener braucht man nur, nachdem der Schöndruck vollendet ist, die eine Form weg zu nehmen und für den Wiederdruck eine andere einzulegen; allein bei einem solchen Verfahren wird nicht Register gehalten, d. h. die zweite Seite liegt nicht immer genau hinter der erstern, oder beide decken sich nicht immer und der Druck hat daher nicht das schöne Ansehn, was jedoch bei Zeitungen nichts schadet, bei denen ein sehr schneller Druck Hauptbedingung ist. Diese Art von Pressen ist daher die zweckmäßigste zur Erreichung dieses Zweckes. Eine Maschine, die beide Seiten eines Bogens zu gleicher Zeit bedrucken und genau Register halten soll, ist auf der einen Seite sehr zusammengesetzt und muß auf der andern mit großer Genauigkeit ausgeführt sein.

Der bei solchen Maschinen zu erlangende große und wichtige Zweck besteht darin, den Bogen, nachdem er den Schöndruck erhalten hat, mit solcher Geschwindigkeit über die Cylinder und Trommeln zu führen, daß er die Lettern des Wiederdrucks genau so trifft, daß sich beide Seiten mit aller Schärfe decken. Um diese nothwendige Bedingung zu erreichen, müssen sich die Cylinder und Trommeln genau mit derselben Geschwindigkeit bewegen, wie der darunter befindliche Karren und daher muß die geringste Ungenauigkeit beim Abdrehen der Axen, oder beim Schneiden der Zähne der Maschine, oder irgend ein anderer noch so geringer Fehler, schlecht registerte Bogen hervorbringen und dem Drucker sehr viele Nachtheile hinzufügen. Von gleicher Wichtigkeit ist eine vollkommene Vertheilung der Druckerschwärze und daß die Oberfläche der Typen damit genau bedeckt und doch auch nicht zuviel davon erlangt habe; endlich auch, daß der ganze Schwärzapparat unter beständiger Controle sei und leicht in die zum Betriebe erforderliche Ordnung gebracht werden könne.

Wir wenden uns nach diesen allgemeinen Bemerkungen nunmehr, mit Hülfe von Fig. 1 bis 3, Taf. XXXV, zur Beschreibung der Druckmaschine von Applegath und Cowper, wobei wir Barlow, S. 777 ꝛc. folgen. Die in Fig. 1 in einer geometrischen Ansicht dargestellte Maschine führt den Schön- und Wiederdruck zu gleicher Zeit aus, so daß die Bogen sogleich fertig aus der Maschine kommen und zwar 800 bis 1000 in einer Stunde bedruckt werden, wogegen man mit einer guten neuern Presse nur höchstens 250 Abdrücke in einer Stunde zu erreichen im Stande ist.

Die zu bedruckenden Bogen werden auf den Tisch A gelegt, von dort aus nimmt sie ein, auf einem erhöheten Gerüst stehender Knabe einzeln ab und legt sie auf einen Zuführtisch (feeder, engl.) B, der mit einer Anzahl von leinenen Laufbändern oder Schnüren versehen ist, die seine Oberfläche bilden und über zwei Walzen, am Anfang und am Ende gehen, so daß, wenn dieselben in Bewegung gesetzt werden, den Bogen mit sich fortführen und ihn auf die erste oder Eingangs-Trommel (entering-drum) E abgeben, woselbst er von zwei Systemen endloser Bänder ergriffen wird, die über eine Reihe von Walzen gehen, um sie ausgespannt zu erhalten. Die Lage und die Anzahl dieser endlosen Walzen ist so eingerichtet, daß sie auf den Stegen der zu bedruckenden Bogen und zwischen deren Columnen durch gehen; sie können daher zu beiden Seiten mit dem Papierbogen auf dem ganzen Wege durch die Maschine in Berührung bleiben, wodurch der Bogen von dem Druckcylinder F auf den andern Cylinder G geführt wird, ohne das Register zu beeinträchtigen, d. h. die Deckung des Drucks auf beiden Seiten des Bogens. F und G sind, wie schon bemerkt, die Druckcylinder, die aus Gußeisen bestehen, sehr genau abgedreht und da, wo sie die Bogen zum Abdruck aufnehmen, mit feinem wollenen Zeuge (blanket genannt) überzogen. Diese Cylinder haben starke Axen, die sich in Lagern drehen, welche mit dem Hauptgestell der Maschine verbunden sind. Die Zapfenlager sind mit Stellschrauben versehen, so daß sie zu jedem Grade des Druckes eingerichtet werden können. H und I sind die Zuführtrommeln, welche aus Holz angefertigt und den Bogen sogleich von einem Druckcylinder zum andern schaffen.

Die Art und Weise, wie die endlosen Bänder angeordnet sind, ist folgende. Wir wollen annehmen, daß das eine System derselben am obern Theil der Eingangstrommel E beginne; es geht dann in Berührung mit der rechten Seite und des untern Theils des Druckcylinders F vorwärts, über der Leittrommel H und unter der Leittrommel I durch, worauf sie um die linke Seite und den untern Theil des Druckcylinders G durchgehen und endlich über die kleinen Walzen a b c d weg, wiederum zu der Walze E gelangen, von der sie ausgingen, und auf solche Weise eins von den Systemen der endlosen Schnüre bilden. Das andere System, wollen wir annehmen, beginne von der Walze h. Diese Schnüre sind in der Anzahl den vorhergehenden gleich und auch ihre Lage auf den Cylindern entspricht jenen, so daß die Papierbogen mit Sicherheit zwischen ihnen festgehalten werden. Diese zweite Reihe von Schnüren geht von der Walze h zu der Eingangstrommel E herab, wo sie mit denen des ersten Systems auf solche Weise zusammentreffen, daß sie zusammen unter dem Druckcylinder F, über H, unter I und um G herum gehen, bis daß sie zu der Walze I gelangen, wo sie sich trennen, indem sie bis dahin in wirklicher Berührung geblieben sind, mit Ausnahme an den Stellen, wo die Papierbogen zwischen ihnen gehalten werden. Von der Walze i gehen die Schnüre bis zu der Walze bei k herab und von den Walzen bei l, m, n geleitet, gelangen sie wieder zu der Walze h, von der sie ausgingen. Demnach wirken beide Systeme von Schnüren in steter Uebereinstimmung, ohne sich mit einander zu verwickeln. Siehe Fig. 3. Die Cylinder und Trommeln sind sämmtlich durch Zahnräder mit einander verbunden, so daß eine gleichförmige und stetige Bewegung gesichert bleibt.

Die beiden getrennten Formen sind in einer gewissen Entfernung von einander, auf einem langen Karren, und jede gehörig befestigt, angebracht. Der Karren, mit den beiden Formen und mit den beiden Einschwärz-Apparaten, bewegt sich von dem einen Ende der Maschine zum andern auf Walzen, die mit dem Hauptgerüst der Maschine verbunden sind. Auf ihrem Wege bringen sie die Typen mit dem Papierbogen an der Peripherie des Druckcylinders in Berührung. Diese wechselseitige Bewegung wird durch ein Getriebe hervorgebracht, welches in die abwechselnden Seiten einer Zahnstange unter der Tafel greift und welches seinerseits durch die Winkelräder K bewegt wird. Der Mechanismus, welcher den Zweck hat, die gehörige Quantität von Schwärze zur Vertheilung, d. h. zur gleichförmigen Verbreitung über den Einschwärztisch (inking table) und zum endlichen Auftragen auf die Typen zu liefern, führt seine Operationen mit großer Genauigkeit und Sicherheit aus. Es ist dieß ein sehr wichtiger Theil der Maschine, indem häufig ein einziges Korn Schwärze hinreichend ist, um eine Seite von einem Bogen zu bedrucken, (Siehe S. 18 dieses Theils.)

An jedem Ende der Maschine ist ein vollständiger Einschwärzapparat vorhanden, um die respectiven Formen zu schwärzen, und da beide einander ganz gleich sind, so ist es nur nöthig, einen zu beschreiben. Eine metallene Walze L, die Zuführwalze (ductor roller) genannt, erhält durch eine Darmseite eine langsame drehende Bewegung von einer Rolle aus, die am Ende der Axe der Druckwalze G vorhanden ist. Eine horizontale Metallplatte mit ganz genau gerader Kante ist mit Schrauben so angebracht, daß sie fast in Berührung mit der Zuführwalze kommt. Die horizontale Platte ist mit Seitenwänden versehen, so daß das Ganze einen Kasten bildet, welcher die Druckerschwärze aufnimmt. Durch eine lange Spalte an der Platte nach der Walze zu wird dieselbe, indem sie sich umdreht, mit einer dünnen Schicht von Schwärze bedeckt. Zwischen dieser Zuführwalze und dem Schwärztisch bewegt sich vibrirend, oder auf- und niedersteigend, eine andere, aus einer elastischen Substanz bestehende Walze, die Zitterwalze (vibrating roller) genannt. Wenn sie aufwärts geht, so berührt sie die Zuführwalze, nimmt eine kleine Quantität Schwärze auf und beim Niedergange giebt sie dieselbe an den Einschwärztisch ab. Quer über der Maschine, bei M, liegen vier Walzen von geringem Durchmesser, die Vertheilungswalzen (distributing rollers) genannt. Sie liegen nicht gerade querüber, sondern in einer etwas diagonalen Richtung, und ungefähr zwei Zoll außerhalb der Senkrechten. Die Spindeln der Vertheilungswalzen sind lang und liegen in Einschnitten und nicht in festen Pfannen. Da sich der Tisch unter ihnen bewegt, so haben sie nicht allein eine drehende, sondern auch eine Bewegung in der Richtung der Länge und dieß zwar in Folge ihrer diagonalen Lage. Diese zusammengesetzte Bewegung verwischt alle Ungleichheiten und veranlaßt eine vollkommen gleichförmige Verbreitung der Schwärze auf dem Einschwärztisch. Dieser geht alsdann unter den drei oder vier Einschwärzwalzen N durch, denen er die ausgebreitete Schwärze zuführt, welche ihrerseits die Lettern schwärzen. Die Form geht jedesmal hin und her, d. h. für jeden zu bedruckenden Bogen wird die Form nicht weniger als achtmal von den Einschwärzwalzen berührt. Diese drehen sich, so wie die Vertheilungswalzen, in Einschnitten, so daß sie frei auf- und niedergehen und mit ihrer Schwere auf den Einschwärztisch und auf die Form drücken können. Sie erfordern daher keine Stellung durch Schrauben, sondern können sogleich angewendet werden, sobald man ihre Zapfen in die Einschnitte eingelegt hat.

Die Bewegung der Maschine erfolgt durch eine Dampfmaschine, von der ab ein Band über eine Rolle an ihrer hintern Seite geht, oder mittelst eines durch Menschenkraft bewegten Schwungrades. Sie erfordern nur eine geringe Kraft zu ihrer Bewegung. In der großen Druckerei von Clowes in London werden zwanzig Schnellpressen von Applegath und Cowper durch zwei Dampfmaschinen in Bewegung gesetzt, von denen eine jede nur fünf Pferdekräfte hat.

Die Operation des Druckens wird auf folgende Weise ausgeführt. Das zu bedruckende Papier wird bogenweis von einem Arbeiter auf den Zuführer B, auf die leinenen Bänder gelegt. Die Walzen C und D bewegen sich nun mittelst eines Radsegmentes um einen Theil ihrer Peripherie. Durch diese Bewegung geht der Bogen so weit vorwärts, daß er zwischen die beiden Systeme endloser Bänder gelangen kann und zwar ergreifen ihn dieselben an dem Punkte der Eingangstrommel E, wo sie einander treffen. Sobald der Bogen die gehörige Lage zwischen den Bändern hat, werden die Walzen C und D durch die Wirkung eines Gewichts in ihre erste Stellung zurück gezogen und sind nun bereit, einen andern Bogen in die Maschine zu führen. Der Bogen wird nun mittelst der Bänder dem mit Filz überzogenen Theile (blanket) der Druckwalze F zuge-

führt, und indem sich dieser umdrehet, trifft er die erste Form und erhält den Schöndruck von derselben. Der nun auf einer Seite bedruckte Bogen wird über H und unter I durch dem befilzten Theil der Druckwalze G zugeführt. Hier ist er in umgekehrter Lage, indem der Schöndruck auf dem Filz liegt und die weiße Seite der Form zugekehrt ist, von welcher der Bogen nun mittelst der Bewegung der Trommel den Wiederdruck erhält und vollendet wird. Wenn der Bogen an den Punkt i gelangt, wo sich die beiden Systeme von Bändern trennen, wird der Bogen herausgeworfen und von einem Knaben weggenommen.

Alle größern, in starken Auflagen gedruckten Werke werden jetzt, namentlich in England, von den Schnellpressen oder Druckmaschinen ausgeführt, und die Zeitungen und andern Tageblätter, die in sehr vielen Exemplaren ausgegeben werden und die Neuigkeiten sehr rasch mittheilen müssen, würden, wie wir bereits auf S. 61 dieses Theils mit den Worten des geistreichen Babbage bemerkten, ohne solche Schnellpressen in der Art gar nicht existiren.

Einschwärztisch (inking table). Der gute Erfolg, der mit dem Einschwärz-Apparat bei der beschriebenen Druckmaschine verbunden war, veranlaßte die Herren Applegath und Cowper, dasselbe Prinzip bei der gewöhnlichen Druckerpresse anzuwenden. Eine Darstellung dieser Vorrichtung sieht man in Figur 1, Tafel XXXVI. Sie besteht aus dem Schwärzetroge, mit einer Spalte am Boden und einer geraden Kante, so wie aus einer Zuführtrommel, wie weiter oben bei der Maschine beschrieben worden, endlich aus einem Einschwärztisch und aus einer Einschwärzwalze. Die Zuführtrommel wird mittelst einer Walze mit der Hand umgedreht und mit einer dünnen Lage von Schwärze bedeckt. Die mit Griffen versehene und um eine Spindel bewegliche Einschwärzwalze wird gegen die Zuführtrommel gestoßen, dann über den Tisch vor- und rückwärts und endlich über die Form gerollt. Es wird durch diese Vorrichtung gegen die ältern Methoden sehr viel Schwärze gespart und ein weit schönerer Druck erlangt. — Die Einschwärzwalze besteht aus Holz, ist rund gedreht, und enthält nicht nur tief eingedrehte Reifen, sondern auch eingehobelte, der Are parallel laufende Nuthen, welche den Zweck haben, sich beim Aufgießen der elastischen Masse, welche die Walze umgiebt, auszufüllen und deren Losgehen zu hindern. Der Cylinder ist der Länge nach durchbohrt und steckt leicht beweglich auf einer eisernen Are. Die Masse, deren man sich zum Umgießen des hölzernen Cylinders bedient, besteht im Wesentlichen aus Leim und Zuckersyrup. Die Elasticität der in wenigem Wasser aufgelösten thierischen Gallerte ist bekannt, der Syrup aber verhindert seines Wassergehalts wegen das Austrocknen der Masse und erhält sie lange im brauchbaren Stande. Das Verhältniß des Syrups zu dem Leim ist verschieden, je nachdem das Arbeitslocal feucht oder trocken ist, und differirt daher bei 2 Pfunden Leim von 1 bis 7 Pfd. Syrup. Auch setzt man noch etwas fein gepulverten Schwerspath zu, welcher zum Klären der Mischung dienen soll, auch wohl etwas Hausenblase, gekochten Terpentin und Weingeist. Die Masse wird in eine genaue cylindrische Form gegossen, in deren Mitte die hölzerne Walze senkrecht aufgestellt ist. — Noch mehre andere Auftragemaschinen findet man in dem Meyer'schen Journale beschrieben; jedoch

können wir hier nicht weiter darauf eingehen, sondern konnten diese Vorrichtung nur beiläufig erwähnen.

Die kleinen Figuren auf Taf. XXXVI geben einen allgemeinen Begriff von den Verschiedenheiten der Einschwärzungsapparate und der Anordnung der Druckmaschinen. Fig. 2 ist Nichelson's Maschine für gebogene und Fig. 3 desselben Mechanikers Maschine für gewöhnliche Typen. Fig. 4 ist Königs Maschine zum Bedrucken einer Seite; Fig. 5, Königs Maschine für beide Seiten; Fig. 6, Donkin und Bacon's Maschine für eine Seite; Fig. 7, Cowper's Maschine für gebogene Stereotypen und zur Bedruckung einer Seite des Bogens; Figur 8, Cowpers Maschine für gekrümmte Stereotypenplatten und zur Bedruckung beider Seiten; Fig. 9, Applegath und Cowper's Maschine zum Bedrucken einer Seite des Bogens und für gewöhnliche Typen; Fig. 10, endlich derselben Mechaniker Schnellpresse zum gleichzeitigen Bedrucken beider Seiten eines Bogens, d. h. die oben beschriebene Maschine.

Wir beschreiben nun noch mit Hülfe der Fig. 2, Tafel XXXV, die von Applegath und Cowper construirte einfache Schnellpresse, mit welcher die bekannte Londoner-Zeitung „the Times“ gedruckt wird.

Da die eine Seite von einem Tageblatte gewöhnlich Ankündigungen und andere minder wichtige Dinge enthält, so wird diese im Allgemeinen eher gedruckt als die andere, welche die Parliamentsdebatten (s. S. 61) und die Neuigkeiten enthält. Die Aufgabe bei einem solchen Blatte, wie die Times, ist daher die, soviel Abdrücke als möglich von einer Form zu erhalten.

Man erreichte dieß dadurch, daß man die Form unter vier Druckcylindern durchgehen ließ, die auf und nieder gehen konnten, um Cylinder oder Walzen von geringem Durchmesser anzuwenden und sie einander zu nähern, folglich den Weg, welchen sie hin und zurück zu machen haben, so viel als thunlich abzukürzen. Da nicht zwei Menschen an einem Zuführer (feeder) zu gleicher Zeit stehen können, so wurden noch zwei andere Zuführer angebracht und zwar über den erstern, um die Trommeln mit Papier zu versehen. Da nun auch die gedruckten Bogen an vier Punkten abgenommen werden, so gebraucht man acht Knaben zur Bedienung der Maschine. P, P, P, P, sind die vier Papierhaufen; F, F, F, F die vier Zuführtische; E, E, E, E die Eingangs-Trommeln, mittelst deren die Bogen zwischen die Bänder t, t, t, t, gelangen und von da aus auf die Druckcylinder 1, 2, 3, 4; T die Form mit den Lettern; II zwei Einschwärzungstische zu beiden Seiten der Form. Der Einschwärzapparat ist dem, bei der schon beschriebenen Maschine vorhandenen ähnlich, nur hat er noch zwei in der Mitte, zwischen den Druckcylindern 2 und 3 befindliche Einschwärzwalzen RR, welche ihre Schwärze ebenfalls von den Einschwärztischen erhalten. Die Druckwalzen 1, 2, 3, 4 können ungefähr um einen halben Zoll steigen oder fallen, die erste und die dritte zu gleicher Zeit und die zweite und die vierte auch zu gleicher Zeit. Da die Form von A zu B geht, so bedruckt sie die Bogen bei 1 und 3, und da sie von B nach A zurückgeht, bedruckt sie die Bogen bei 4 und 2. Der Cylinder geht abwechselnd nieder, um den Druck zu bewirken, und aufwärts, um die Form durchgehen zu lassen. Eine jede von den mit t bezeichneten Linien besteht aus zwei endlosen Bändern, die an den dargestellten

Theilen in Berührung sind, sich aber bei den Eingangstrommeln E und bei den Abnahmepunkten o, o, o, o trennen. Die Rückkehr der Bänder nach der Eingangstrommel ist, um Verwirrung zu vermeiden, weggelassen.

Wirkung der Maschine. — Nachdem die Bogen auf ihre respectiven Zuführtische gelegt worden sind und mit der vordern Kante gerade auf die Eingangstrommel, sinkt eine kleine Walze (drop-down-roller im Engl. genannt) in geeigneten Zwischenräumen auf die Kante des Bogens nieder. Da nun die Trommel und die Walze in Bewegung sind, so wird der Bogen sogleich vorwärts und zwischen die Bänder t geführt, die ihn zu dem Druckcylinder und dann aufwärts nach o, o, o, o bringen, wo sich die Bänder trennen und die Bogen in die Hand des Knaben fallen.

Vier Minuten darauf, nachdem die Form in die Maschine gebracht worden, ist sie schon in vollem Betriebe und druckt in der Stunde 4200 Bogen, wogegen die König'sche, mit der sonst die Times gedruckt wurden, nur 1800 Abdrücke in der Stunde lieferte.

Wir betrachten nun noch mehre andere Arten von Pressen, die mehr oder weniger Aehnlichkeit mit den Buchdruckerpressen haben.

Die Banknoten-Presse.

Früher war es bei der englischen Bank gebräuchlich, die Numer und das Datum der Banknoten schriftlich einzutragen, bis der bekannte Mechaniker Bramah eine Maschine erfand, welche diese Operation nicht allein gleichförmiger und zierlicher, sondern auch weit schneller ausführt; denn sonst konnte ein Mensch täglich nur die doppelte Numer und das doppelte Datum in 400 Noten eintragen, wogegen er mit der Maschine 1300 doppelte Noten zu bedrucken im Stande ist. — Die Kupferplatten, von denen die Banknoten abgezogen werden, sind nämlich doppelt vorhanden, d. h. es werden zwei Noten zugleich auf einen Papierstreif gedruckt, dieser wird dann in die Bramah'sche Presse gebracht, welche Numer und Datum auf die Art eindruckt, daß die Zahl sich für jede folgende Numer richtig verändert, ohne daß der die Presse bedienende Mensch sich beständig darum zu bekümmern braucht. Wenn z. B. eine der Noten Nr. 1 und die andere auf demselben Streifen Nr. 201 ist, so verwandelt sich nach deren Abdruck die Maschine von selbst in Nr. 2 und 202 u. s. f.

Der Mechanismus, durch welchen dieß bewerkstelligt wird, ist außerordentlich sinnreich und läßt sich nicht nur auf Bezifferung von Banknoten, sondern eben sowohl zum Druck jeder andern Reihe von nach einem gewissen Gesetz veränderlichen Zahlen anwenden. Fig. 6, Taf. XXXIII, giebt eine Durchschnittsansicht von der Presse. Ein massives Stück Mahagoniholz AA dient der Maschine als Unterlage, auf welche die zwei eisernen Platten BB, welche die Wände des Preßkastens bilden, geschraubt sind. Quer über dem Hintertheile des Kastens befindet sich eine liegende Welle D, deren Zapfen in den auf den Wänden des Kastens befestigten Pfannen spielen. Diese Welle trägt den

Preßdeckel E, an welchem die Banknote mittelst Punkturen befestigt wird. Der Preßbengel F steht ebenfalls mit der Welle in Verbindung, und mittelst dieses Hebels verrichtet der Drucker den Druck. Die beweglichen Ziffern sind in eine Reihe von beweglichen messingenen Ringen eingesetzt, welche sich auf einer Welle G, die mitten durch den Preßkasten geht, befinden.

Jeder der messingenen Ringe trägt 11 Zähne und in jedem dieser letztern ist eine rechtwinklige Nuth oder Fuge eingeschnitten, um die Ziffern 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 0 und eine Ausschließung hinein zu setzen. Zweimal fünf von den auf diese Weise vorgerichteten Ringen liegen neben einander auf der festen Welle G, um welche sie sich leicht drehen, und reichen hin, um jede Zahl, die kleiner ist als 100,000 zu drucken; denn da sich die verschiedenen Ringe unabhängig von einander auf ihrer gemeinschaftlichen Welle bewegen können, so läßt sich offenbar jede Combination der obigen Ziffern herstellen, wenn man die gerade erforderlichen an die höchste Stelle der Welle G bringt, wo der Druck geschieht. Man wird dieß deutlicher einsehen, wenn man sich die Messingplatte, welche den Kasten bedeckt, an ihre Stelle gelegt denkt, wie dieß in Fig. 6 bei aa sichtbar ist.

Die Ringe drehen sich mittelst der Räder H und diese auf einer hinter der Ringwelle und parallel mit derselben liegenden Welle, deren Ende durch den Kasten hervorsteht. Der Räder H sind drei, und zwei davon befinden sich eben so weit von einander, als die zu ihnen gehörigen beiden Ziffersätze, das dritte aber ist zwischen den beiden andern in der Mitte. Dieses ist mit einer, auf der Welle des Preßdeckels mittelst eines Niets angebrachten Schiebeklinke b, versehen, die gegen den höchsten Zahn des mittlern Stirnrades H anstößt und es beim jedesmaligen Heben des Preßdeckels um einen Zahn forttreibt. Wenn der Preßbengel etwas weiter als die senkrechte Stellung aufgeschlagen wird, so kömmt ein Daumen mit einer Widerlage d in Berührung und verhindert ein weiteres Drehen. Wenn aber der Preßbengel wieder niedergedrückt wird, so kömmt die Klinke b zwar wieder mit einem Zahn in Berührung, gleitet aber vermöge ihres Gewindes darüber hin, ohne das Rad zu bewegen. Auf diese Art werden, begreiflicher Weise, jedesmal wenn der Preßbengel aufgehoben wird, um eine frische Note auf den Preßdeckel zu legen, die Räder H um einen Zahn weiter gerückt, und da die Zähne dieser Räder in zwei Zifferringe eingreifen, immer neue Ziffern unter den Preßdeckel geschoben.

Es muß bemerkt werden, daß die Räder H nur so dick sind, daß sie einen einzigen von den fünf Zifferringen auf einmal fassen, dabei stehen sie so weit von einander ab, daß sie in beiden Sätzen dieselben Ringe in der Reihe fassen. Wenn man nun die Welle ein wenig seitwärts rückt, so kann man die zur Seite liegenden Räder H in jeden der fünf Zifferringe beliebig eingreifen lassen, oder auch so stellen, daß sie ganz außerhalb des Eingriffs kommen. Zu diesem Ende steht der Kopf der Welle durch den Kasten der Maschine hervor, so daß man damit die Welle hin und her schieben, und nach daran befindlichen Zeichen bestimmen kann, in welche Zifferringe die Räder eingreifen sollen. In der jedesmaligen Lage wird sie durch eine halbkreisförmige Klinke gehalten, welche sich in eine, rings um die Welle

eingedrehte Rinne einlegt und die Seitenbewegung der Welle so lange hindert, bis man sie anfzieht. Dies kann mittelst einer, durch die hintere Wand des Kastens gelochte Schraube K geschehen, die inwendig auf einen kurzen Hebel drückt, der, sobald an der Schraubenmutter gedreht wird, die Klinke aufhebt, worauf man die Welle beliebig rücken kann.

Damit nun die sämmtlichen Zifferringe genau an der richtigen Stelle stehen bleiben, wenn die Zahl sich am höchsten Punkte befindet und deren Oberfläche horizontal ist, so sind an der innern Seite jedes Zifferringes Einschnitte, und am tiefsten Punkte der Welle, bei e, ist ein beweglicher Bolzen mit einer beständig nach unten drückenden Feder angebracht. Der Kopf desselben ist rund und glatt polirt, so daß er während der Umdrehung des Ringes in sein in der Welle befindliches Loch zurückgetrieben wird, aber, wenn sich ein Einschnitt in dem Ringe darbietet, sich in diesen vorschiebt und den Ring mit mäßiger Kraft in der gehörigen Lage hält. Beim Aufheben des Preßdeckels wird der Widerstand des Bolzens überwunden und der Ring weiter gedreht. Vermöge dieser Vorrichtung richten sich die Ziffern jederzeit nach der Drehung in eine gerade Linie, sonst würde der Druck sehr unregelmäßig und unansehnlich ausfallen. Der Preßdeckel E besteht aus zwei Theilen: 1) einer starken Messingplatte, welche mit doppeltem oder dreifachem Tuch belegt wird. Dieß Tuch wird 2) von einem messingenen mit Pergament bezogenen Rähmchen festgehalten, welches an der Platte mittelst vier Schrauben befestigt ist.

Die messingene Platte des Preßdeckels wird an das Blatt L, welches von der Welle ausgeht, mittelst sechs Schrauben befestigt; zwei davon bei h haben die Bestimmung, den Preßdeckel vom Blatte zu entfernen, während die vier übrigen, zu beiden Seiten jener zwei befindlichen, den Preßdeckel und das Blatt aneinander ziehen. Mittelst dieser einander entgegenwirkenden Schrauben kann der Preßdeckel so gerichtet werden, daß er ganz parallel auf die Schrift fällt und einen durchaus gleichförmigen Abzug liefert. Das Papier wird durch das erwähnte, mit einer Art Kreuz von Pergament bezogene Rähmchen gehalten, welches den Preßdeckel umgiebt und sich um ein Gewinde dreht. Das Pergament des Rähmchens ist nur da ausgeschnitten, wo der Abdruck der Numer, des Datums, der Jahreszahl und des Orts hinkommen soll. Die stereotypische Schrift der drei letztern wird auf der Oberfläche des Messingdeckels a a befestigt und das Stück, welches den Tag und den Monat enthält, wird täglich verändert. Um in Ansehung der gehörigen Stelle für die Note nicht irren zu können, sind zwei Punkturen auf dem Preßdeckel angebracht, die sich beim Drucken in den messingenen Deckel a a versenken. Von der Kupferplatte der Noten drucken sich zwei Punkte ab, durch welche die Punkturen gestochen werden, und auf diese Weise kommen die Ziffern u. s. w. immer an die richtige Stelle.

Man bedient sich der Maschine auf folgende Weise. Gesetzt, die hintere Welle, welche die Stirnräder H trägt, sei soweit seitwärts gerückt, daß sich die Räder außerhalb des Eingriffs in dem Zifferringe befinden und diese letztern seien mit der Hand so geordnet, daß die sämmtlichen Ausschließungen (d. h. Lettern ohne Ziffern) sich oben befinden und die richtigen Stereotypen für den Datum eingesetzt; so stellt man die hintere Welle so, daß deren Räder H die beiden ersten von den fünf Zifferringen rechter Hand fassen. Bewegt man nun den Preßbengel so weit herab, daß er die Lettern fast berührt und dann aufwärts, so dreht die Schiebeklinke b die Räder H um einen Zahn vorwärts, so daß die zwei Zifferringe zur Rechten mit der Ziffer 1 hinaufsteigen. Jetzt werden die Ziffern mit einem Druckerballen geschwärzt, das Rähmchen wird aufgeschlagen und es wird die bereits durch die Kupferdruckerpresse gegangene Note auf die Punktur gesteckt. Nun schlägt man das Rähmchen zu, damit das Papier fest anliegt und sauber bleibt, drückt den Preßbengel F hinunter und zieht auf diese Weise den Druck ab. Beim Aufheben des Preßbengels steigt die Ziffer 2 hinauf; die bedruckte Note wird herausgenommen, eine neue eingelegt und so fortgefahren, während immer die folgende Ziffer an die Stelle rückt.

Bei dieser Procedur bedienen die zwei Ringe zur rechten Hand die Stelle der Einer und rücken jedesmal um einen Zahn vor; wenn die 9 gedruckt ist und die 0 heraufkömmt, wird der Preßbengel zweimal hinter einander, ohne zu drucken, in die Höhe gehoben, und so steigt eine Ausschließung und dann eine 1 herauf. Die hintere Welle wird nun so gerückt, daß die Räder auf den zweiten Ring, von der rechten Hand gerechnet, wirken, welcher jetzt die Stelle der Einer bedient, während der erste Ring die Zehner hergiebt. Wenn nun der Preßbengel in die Höhe gehoben wird, so rückt im zweiten Ringe die 0 herauf, so daß 10 abgedruckt wird; dieß geht so fort; bis 19 gedruckt ist, dann wird mit der Hand der erste Ring so gedreht, daß die 2 oben ist, und durch das Aufheben des Preßbengels die 0 an die Stelle der Einer gebracht. Hierauf druckt sich 21, 22 rc. ab. Bei 30 wird der erste Ring wieder mit der Hand um einen Zahn weiter gerückt, und so geht es fort bis 99. Nun rückt man die hintere Welle bis zum Eingriff in den dritten Ring von der Rechten, und dieser giebt die Zahlen zu den Einern, der zweite zu den Zehnern, der erste zu den Hunderten. Mit der Hand wird der letztere so weit, daß die 1, und der zweite so weit gerückt, daß die 0 oben ist. In die Stelle der Einer bringt die Maschine selbst die 0 herauf, so daß 100, dann 101 rc. abgezogen wird. Die Procedur wird nun auf ähnliche Weise fortgesetzt, bis Nr. 999 gedruckt ist, worauf die hintere Welle bis zum Eingriff der Räder in den vierten Ring gerückt wird, und man die drei ersten mit der Hand in die erforderliche Lage bringt. Bei 9999 wird die hintere Axe, oder deren Stirnräder, zum Eingriff in den fünften Ring gerückt, und die Maschine kann nun bis 99999 drucken, über welche Zahl die Numern nicht hinauszugehen brauchen.

Die Bramah'sche Banknotenpresse wird sich, bei ihrer einfachen Construction und weil sie verhältnißmäßig sehr billig hergestellt werden kann, auch mit großem Vortheil zum Druck der Numern in Obligationen, Coupons und Lotterieloosen verwenden lassen.

Die Kupferdrucker-Presse.

Nachdem der Stich oder das Aetzen der Kupferplatte vollendet ist, kommt sie in die Hand des Kupferdruckers, der die Abdrücke besorgt. Die Pressen, welche dazu ver-

wendet werden, sind von sehr verschiedener Construction; wir wollen einige der vorzüglichern von ihnen beschreiben.

Eine sehr einfache Construction hat die in Fig. 11, Taf. XXXVI, dargestellte Maschine. Sie besteht aus zwei Theilen, aus dem Körper und aus dem Wagen oder Karren. Jener besteht aus zwei hölzernen, oder besser, wie die Abbildung zeigt, aus zwei gußeisernen Wangen AA, die senkrecht auf einem Fuße oder Gestell BB stehen, welches der ganzen Maschine Festigkeit giebt. Von diesem Fuß gehen auch vier andere, senkrechte Stücke aa aus, die mit Quer- oder horizontalen Stücken verbunden sind. Die letztern haben den Zweck, ein starkes, sehr ebenes Brett oder die Tafel CDE zu tragen, die ungefähr 4½ Fuß lang, 2½ Fuß breit und ungefähr 1½ Zoll stark ist. In den Wangen ruhen zwei Walzen F, G, von denen die obere aus Gußeisen, die untere aber aus Holz besteht. Diese Walzen laufen in den Wangen auf ihren Zapfen und in hölzernen, mit polirtem Eisen (um die Bewegung zu erleichtern) ausgefutterten Pfannen. An einem von den Zapfen der obern Walze ist ein Kreuz befestigt, welches aus zwei oder mehren Hebeln, H, I, besteht, die einander rechtwinklig, oder wenn es, wie in der Figur, sechs sind, unter 60° durchschneiden und mittelst dessen die obere Walze bewegt wird. Auf die obern Pfannen der obern Walze drücken zwei Schrauben, um den Raum zwischen den beiden Walzen, welcher den Karren, die Kupferplatte und das zu bedruckende Papier nebst dem Filz aufnehmen muß, mehr oder weniger erweitern oder verengen zu können.

Das Verfahren beim Drucken ist das folgende: Auf einen, aus zusammengebundenen leinenen Läppchen bestehenden Ballen, wird eine geringe Quantität Schwärze genommen und über der ganzen, über einem Kohlenfeuer liegenden Kupferplatte verbreitet. Nachdem die Platte hinlänglich eingeschwärzt worden ist, wird sie zuerst mit einem Stück Leinen, dann mit der Fläche der linken und zuletzt der rechten Hand abgewischt, und um die Hände zu trocknen und das Abwischen zu befördern, werden sie von Zeit zu Zeit abgerieben. In dem Abwischen der Platte besteht die Kunst des Kupferdruckers, denn es muß dieß so ausgeführt werden, daß, während jedes Theilchen der Schwärze von der Oberfläche der Platte entfernt wird, die in den gravirten oder geätzten Theilen befindliche nicht berührt werden darf. Die auf diese Weise vorbereitete Kupferplatte wird auf die Preßplatte gelegt und über dieselbe das Blatt Papier, welches den Abdruck erhalten soll, nachdem es vorher gehörig befeuchtet worden ist, und über das Papier endlich wird wollenes Zeug (der Filz) gelegt. Nachdem nun auf diese Weise der eigentliche Abdruck gehörig vorbereitet worden ist, werden die Arme des Kreuzes in Bewegung gesetzt und die Tafel mit der Platte u. s. w. werden zwischen den beiden Walzen durchgetrieben, die so zu einander gestellt sind, daß sie einen starken, aber gleichförmigen Druck ausüben und das befeuchtete Papier in die Vertiefungen der Gravirung treiben, wodurch die Schwärze absorbirt und der Abdruck bewerkstelligt wird.

Manche Abdrücke müssen zweimal, andere nur einmal durch die Presse gehen, je nachdem die Gravirung mehr oder weniger tief ist, oder je höher der Grad der Schwärze sein soll, den der Abdruck haben muß.

Perkin's verbesserte Kupferdruckerpresse. — Die vorzüglichste Verbesserung besteht in einer neuen Methode, die Platte oder den Block zu erhitzen, in der Anwendung eines Deckels (tympan), welcher den Zweck hat, die Kosten zu vermeiden, welche es verursacht, wenn die Platten oder Blöcke größer gemacht werden, als es zur Aufnahme der Kupferplatten erforderlich ist, ferner um Schwärze und um die Zeit und die Arbeit zu sparen, welche das Auswechseln der Platten oder Blöcke verursachen. Die Art und Weise, wie man diese Zwecke erreicht, wird aus Fig. 12 deutlich. AA ist das gußeiserne Gestell der Presse; B, die obere gußeiserne Walze, an deren Welle das Rad C befindlich ist, dessen Peripherie Griffe enthält, welche zu seiner Bewegung dienen; D die untere gußeiserne Walze; EF das Lager der Presse, welches zum Theil aus Gußeisen und zum Theil aus Holz besteht. Der Theil E besteht aus Gußeisen, um besser dem Druck der Walzen zu widerstehen und um die zum Erwärmen der Platte oder des Blocks erforderliche Hitze zu leiten. Die Platte oder der Block G ist mittelst Schrauben auf dem Lager befestigt, indem diese mit Löchern, jene mit Gewinden versehen ist. Der Deckel H ist ein hölzerner, mit Kupfer bedeckter Rahm, der sich um Gewinde 11 bewegt und eine Oeffnung hat, die groß genug ist, die Platte oder den Block aufzunehmen. Die Seiten der Oeffnung sind sehr dünn, um über die schiefen Kanten der Platte oder des Blocks gelegt werden zu können und um das Beschmutzen des Papiers zu verhindern. Der gußeiserne Theil des Lagers der Presse mit der darauf liegenden Platte wird mittelst eines gußeisernen Blockes erhitzt. Derselbe liegt auf einer Platte mit Leisten und wird von Zeit zu Zeit, wenn er kalt geworden ist, durch einen andern ersetzt. Beim Gebrauch erhält der Rahm von der Platte eine Neigung, indem das vordere Ende auf dem Boden ruhet und das andere durch zwei Schrauben gehoben wird, die durch mit Gewinden versehene Löcher in dem Fuß des Pressengestelles gehen; eine von diesen Schrauben ist bei L befindlich. Der Zweck dieser geneigten Lage ist der, das Lager zu veranlassen, daß es, nachdem der Abdruck gemacht worden ist, mit sich selbst wieder in Uebereinstimmung kommt; und um dieß zu bewirken, ist ein Theil von der Walze B entfernt, und es sind noch drei Paar Walzen, M, hinzugefügt, auf denen sich das Lager leichter bewegen kann, indem jedes Walzenpaar auf einer besondern Welle sitzt, deren Zapfen in Pfannen laufen.

Der Filz NN ist an dem einen Ende an dem gußeisernen Lager durch den Filzhalter (blanket-holder) O befestigt und an dessen Ende der Spanner (stretcher) P, von welchem Linien, Q, über die Rollen RR gehen und mit Gewichten versehen sind, von denen eins bei S zu sehen ist. Durch diese Vorrichtung werden die Filze ausgedehnt und von der Walze entfernt gehalten und das Beschmutzen durch den Gebrauch wird gehindert. Die Walze B wird, wenn das Lager gehoben werden soll, durch folgende Vorrichtungen in die Höhe gehalten: TT sind zwei hölzerne Blöcke, die auf dem Boden der Rinnen des Pressengestelles liegen und an jedem Ende derselben ist ein Schraubengewinde angebracht, in welche zwei Schrauben passen, die flache cylindrische Köpfe haben, welche ringsum mit eingeschnittenen Zähnen versehen sind und so über die Seiten des

Pressengestelles hervorstehen, daß sie leicht in der einen oder der andern Richtung gedrehet werden können. Auf diesen Köpfen ruhen die Zapfenlager der Walze B, und diese können daher, wie vorhin erwähnt wurde, in der erforderlichen Höhe unterstützt werden.

Fig. 13 stellt eine Walzenpresse für Stahl- oder Kupferplatten dar, ebenfalls eine Erfindung des Mechanikers Perkins; AA, ist das gußeiserne Pressengestell. B ist die Hauptwalze, welche die Platten mit einer massiven gußeisernen cylindrischen Oberfläche oder Peripherie trägt, auf welcher die Platten befestigt sind. Durch die Kränze gehen nämlich Löcher und durch diese werden von der innern Seite Schrauben gesteckt, welche in Gewinde greifen, die in den Platten vorhanden sind. Diese Walze steckt auf einer Welle, deren beide Zapfen in Lagern laufen, die an den obern Enden der beiden senkrechten Ständer des Preßgestelles angebracht worden sind. C ist die kleine gußeiserne Preßwalze, die durch Schrauben, von denen eine bei D zu sehen ist, so gestellt werden kann, daß sie mit größerer oder geringerer Kraft gegen den Hauptcylinder B drückt. EE das endlose Gewebe oder der Filz, der über die Walzen C und F läuft und durch die Bewegung der erstern mit fortgeführt wird. Die Zapfen der Walze F liegen in verschiebbaren Zapfenlagern, welche mit Stellschrauben versehen sind, von denen sich eine bei G zeigt und den Zweck haben, den Filz straff zu machen.

An der verlängerten Welle der Preßwalze C ist die Rolle H befestigt, die durch ein Band II, welches über eine mit der bewegenden Kraft in Verbindung stehende Rolle geht, getrieben wird. Die Platten JJ u. s. w. werden durch die Walze K geschwärzt, indem dieselbe mit dem sich drehenden Hauptcylinder in Berührung kommt und ihrerseits von den Vertheilungswalzen L und M eingeschwärzt wird. Diese Walzen werden auf dieselbe Art wie die Buchdruckmaschinen aus einem Troge und durch einen Zuführer eingeschwärzt, weshalb dieser Apparat weiter nicht erklärt zu werden braucht. Noch gleichförmiger wird nun die Schwärze über die Platten mittelst einer Handwalze vertheilt; ein anderer Zuführer N liegt in Trägern an dem Ende des Gestelles und hat dieselbe Einrichtung wie bei dem Kattundruck. Der letztere Zuführer (ductor) nimmt den größten Theil der Schwärze von den Platten ab, und die übrige wird auf die gewöhnliche Weise abgewischt. Das befeuchtete Papier wird entweder bogenweis auf den Filz oder das Gewebe EE gelegt und, nachdem es bedruckt worden, wieder abgenommen, oder es wird in der Form eines langen Bogens (ohne Ende) um den Haspel P gewickelt, dessen Welle sich in den, von dem Gestell ausgehenden Ständern Q bewegt. Das Papier geht alsdann unter der Leitrolle R durch, gelangt unter die Druckwalze B und geht dann über die Walze S, von der sie weggenommen wird. Der Lauf des endlosen Gewebes oder Filzes EE und des langen Papierbogens ist durch Pfeile angedeutet. Die Lager für die Walzen K, L, M, N sind aus der Abbildung weggelassen.

Steindruckpresse.

Wir beschreiben hier mit Hülfe der Fig. 14 und 15, Taf. XXXVI, eine von den mannichfachen Arten von

Steindruckpressen. AAA, Fig. 14, sind die Füße eines starken Tisches, auf welchem die gußeiserne Presse ruht. Diese besteht aus zwei starken eisernen Wangen BC, die durch Schrauben fest mit dem Mitteltheil DD verbunden sind. Dieses ist ebenfalls eine starke gußeiserne Platte, mit einer Oeffnung in ihrer Mitte, wie die Abbildung zeigt. An den Seitenplatten sind die beiden Schienen bb befestigt, auf denen und auf einer darunter liegenden Walze, an der die Kurbel H befestigt ist, sich die Preßplatte G bewegt. E ist ein Rahmen, in welchen der Stein gelegt wird, der auf der Platte ruhet. Bei tt sind Schrauben mit Muttern zu sehen, durch die ein Stück Leder, auf welchem der Stein liegt, gehörig angezogen und ausgespannt erhalten werden kann. Der Hebel M (in Fig. 15 in einem größern Maaßstabe dargestellt), hängt an einem Gelenk bei I und hat ein anderes Gelenk bei K, und die senkrechte Axe S ist mit einem Stück hartes Holz verbunden. Mittelst einer um S beweglichen Schraubenmutter kann es so gestellt werden, daß es den gehörigen Grad von Druck ausübt.

Man wird einsehen, daß, wenn der Hebel M niedergedrückt wird, wie die Fig. 14 zeigt, das Gelenk K (Fig. 15) senkrecht unter das Gelenk J kommt, das Brett I nieder gedrückt wird und einen verhältnißmäßigen Druck auf EE ausübt. Wir wollen nun annehmen, daß M nieder gedrückt sei, wie Fig. 14 zeigt, daß ferner die Kurbel H gedreht und die Preßplatte mittelst der Walze, auf welcher sie ruht, unter den Rahm DD und das Brett I gebracht werde, so erhält sie daselbst einen, zu dem Abdruck hinreichenden Druck. Der Hebel wird darauf, wie in Fig. 15, in die Höhe und der Druck aufgehoben; alsdann wird die Preßplatte in die in der Fig. 14 dargestellte Lage zurückgeführt, der Rahm geöffnet, der Abdruck herausgenommen, ein anderer Bogen eingelegt und die Operation, wie beschrieben, wiederholt.

Der Buchdrucker Herr Jöntzen in Bremen hat eine Presse construirt und in Meyer's Journal, 1836, Nr. 4, genau beschrieben, die sowohl als Buchdruck-, so wie auch als Steindruck- und Kupferdruck-Presse benutzt werden kann und sehr viel leisten soll; wir müssen jedoch auf die Abhandlung selbst verweisen.

Wir beschreiben nun noch anhangsweise einige Pressen, die zu keiner der obigen Arten gerechnet werden können.

Die Copirmaschine.

In großen Handels-Comptoiren, woselbst eine große und ausgedehnte Correspondenz statt findet, ist es der Zeitersparniß, und bei geheimen Verhandlungen auch der Sicherheit wegen sehr wichtig, Copien der Briefe u. s. w. nehmen zu können, ohne eine eigentliche Abschrift davon zu machen. Man hat daher eine Menge sogenannter Copirmaschinen erfunden, von denen wir mit Hülfe der Fig. 5, Taf. XXXII, eine von Herrn Brunel erfundene beschrei-

ben, welche eben so einfach als sinnreich ist. Die Figur giebt einen senkrechten Durchschnitt davon. a ist der Boden der Maschine, welche aus Kanonen-Metall besteht; b b ist die Preßplatte von Holz, auf welcher eine platte Stahlfeder c c befindlich ist, die auf Leisten ruhet und die Preßplatte mittelst der Schraube d trägt. Ein starker Hebel von Stahl e, der sich um den Wirbel f bewegt, drückt fast in seiner Mitte auf den Kopf der Schraube d, und g ist ein anderer Hebel, der sich um den Wirbel h bewegt, und auf den die Kraft der Hand angewendet wird. In dem Kasten i i ist ein Apparat vorhanden, mittelst dessen die zu copirenden Briefe befeuchtet werden. Dieser Apparat besteht aus einem metallenen Cylinder, um welchen mehre Stücke von feinem Leinen, von gleicher Größe mit dem angewendeten Papierbogen, gewickelt sind. Will man nun die Presse gebrauchen, so wird der Originalbrief in das Copirbuch gelegt und auf ihn ein reines Blatt von demselben, auf dieses ein Stück feuchte Leinwand und über dieses endlich ein Blatt geöltes Papier. Das Buch wird nun zugemacht, zwischen die Platte a und b der Presse gelegt und dann ein starker Druck auf den Hebel g angewendet, so daß auf dem Oelpapier eine lesbare Copie abgedruckt wird, welche freilich verkehrt auf der dem Briefe zugekehrten Seite steht, wegen Durchsichtigkeit des Papiers aber auf der andern direct zu lesen ist.

Hornpresse.

Horn, Schildpatte und andere thierische Substanzen lassen sich durch die Anwendung einer mäßigen Hitze so erweichen, daß ihnen durch den Druck jede Form ertheilt werden und daß ihre Oberfläche die feinsten Abdrücke annehmen kann. Eine andere sehr werthvolle Eigenschaft ist die, daß sich einzelne Hornblätter, mittelst des Drucks, ohne irgend ein Bindemittel, miteinander verbinden oder zusammenlöthen lassen. Das Verfahren bei Darstellung von Gegenständen aus diesen Substanzen ist sehr einfach. Das Horn oder die Schildpatte wird so lange in Wasser gesotten, bis daß es erweicht worden ist, und es wird alsdann in eiserne oder messingene Formen gebracht, die aus zwei oder mehren Stücken bestehen und Höhlungen zwischen sich haben, die dem zu fabricirenden Artikel entsprechen und deren innere Flächen alle Verzierungen eingravirt enthält. Die Form wird heiß gemacht, das Horn oder die Schildpatte wird hineingelegt und dann werden die beiden Hälften durch eine kleine Schraubenpresse gegen einander gepreßt, damit die Substanz die Eindrücke der Form annimmt. Hat aber dieselbe eine starke Vertiefung, oder soll der Abdruck ein hohes Relief bekommen, so kann dieß nicht in einer Hitze hervorgebracht werden. Es muß alsdann die Presse mit den Formen und dem Fabrikat darin in einen Kessel gethan und länger gekocht werden, worauf man sie heraus nimmt und den Druck verstärkt, um endlich den verlangten Abdruck zu erhalten. Ist ein Stück Horn oder Schildpatte nicht groß genug, um die Form auszufüllen, so werden zwei oder mehre zusammengelöthet, d. h. die zusammenzufügenden Ränder werden abgeschrägt, die Abschrägungen genau über einander gelegt und dann stark zusammen gepreßt, wodurch sie so fest vereinigt werden, daß sie als ein einziges Stück erscheinen. Die zu diesen Operatio-

nen angewendete Schraubenpresse ist sehr einfach und besteht nur aus einem eisernen Rahmen, durch dessen eine Seite eine Schraube geht; und um sie besser in und aus dem Kessel bringen zu können, ist ein kleiner Flaschenzug über demselben angebracht und neben demselben ein Stein mit einer Vertiefung, weit genug, um die Presse aufzunehmen und sie senkrecht zu erhalten, während die Schraube weiter angezogen wird, worauf man die ganze Vorrichtung wieder in den Kessel bringt.

Um die Unbequemlichkeit zu vermeiden, welche das Heben der Presse und der Form mit dem Horn oder der Schildpatte in oder aus dem Kessel haben, ist von den Mechanikern Holzapfel und Deyerlin in London eine Maschine erfunden worden, welche in Fig. 7, Taf. XXXI, in einem senkrechten Durchschnitt dargestellt ist. A A ist ein gußeiserner; B, ein anderer, mit Wasser angefüllter Kasten; c der Rost, auf welchem das Feuer brennt, wodurch das Wasser erhitzt wird; E das Rohr, durch welches der Rauch abzieht; F F G, eine aus Gußeisen angefertigte, sehr starke und so vorgerichtete Presse, daß sie aus dem Wasser herausgenommen und in dasselbe wiederum hereingebracht werden kann. Es wird dieß mittelst der Zahnstangen a a bewerkstelligt, von denen zu jeder Seite der Presse eine angebracht worden ist. In diese Zahnstangen greifen die Getriebe d d, deren Axen e durch die ganze Maschine gehen und an deren Enden zwei Räder, welche zu gleicher Zeit durch beide Arme oder eine endlose Schraube bewegt werden, die an einer, längs der ganzen Maschine durchgehenden Welle sitzen, welche durch die Kurbel H bewegt wird. Die Presse wird bei ihrem Auf- und Niedersteigen in dem Kessel durch Leisten an dessen Seiten geleitet. Wenn sie aus dem Wasser empor gehoben wird, so bringt man die Formen mit dem Horn oder mit der Schildpatte zwischen die Presse, und durch Drehung des Rades K wird ein starker Druck erzeugt. Dieses Rad hat an seiner Axe eine Schraube ohne Ende R, welche in die Zähne eines großen Schraubenrades L greift, das an dem obern Ende der Preßspindel P angebracht ist. Diese Spindel wird von einer Mutter I aufgenommen, welche zwischen den Stangen e e befestigt ist, so daß sie sich nicht mit umdrehen kann. Wenn sich daher die Spindel durch die Schraube ohne Ende und das Schraubenrad umdrehet, so wird das Horn oder die Schildpatte, welche zwischen der Form in der Presse liegt, zusammengedrückt. Die Presse wird alsdann wieder in das Wasser hinabgelassen, um die Substanz durch das Sieden noch mehr zu erweichen, und die Schraube kann alsdann durch Drehung des Rades K noch dichter angezogen werden, bis man den verlangten Abdruck erhalten hat. Durch Drehung der Kurbel N kann alsdann die Presse aus dem Kessel heraus gehoben und durch Zurückdrehen des Rades K der Druck der Presse aufgehoben und die Form aus derselben heraus genommen werden. Die Fig. a, b und c stellen eine, zu der Anfertigung einer cylindrischen Schnupftabaksdose erforderliche Form, die aus drei Stücken besteht, dar. a ist die innere Form der Dose, auf dessen Boden ein durch Sieden erweichtes und rund geschnittenes Stückchen Schildpatte zuvörderst gelegt wird. Um die Peripherie wird ein langes Stück gelegt, dessen abgeschrägte Enden übereinander greifen und zusammen gelöthet werden, so wie auch der Boden mit

den Seiten. Es wird darauf die äußere Form b über das Horn geschoben und dann dem heftigen Druck der Schraube unterworfen, so daß eine Dose von der Form c erhalten wird. Zur Anfertigung des Deckels wird eine ähnliche Form angewendet. Kleine Dosen mit etwas nach auswärts gehenden Seiten, Zahnstocherbüchsen und ähnliche Artikel, können aus einem einzigen Stück Horn oder Schildpatte, ohne Löthung, angefertigt werden.

Achtes Capitel.

Von den Schneide- oder Sägemühlen.

Die Baumstämme, welche Zimmerleute, Tischler und andere Holzarbeiter verarbeiten, müssen zu vielen Zwecken der Länge nach in Dielen, Bretter, Latten, Furnieren 2c., oder sie müssen der Quere nach zerschnitten werden, welches durch Maschinen geschieht, die wir im Allgemeinen Sägemühlen nennen. Zu ihrer Bewegung werden Wasser-, Wind- und Dampfkräfte angewendet; erstere am meisten, da in Gebirgen, wo das meiste, namentlich Nadelholz vorhanden ist und die meisten Bretter geschnitten werden, auch überall Wasser und Gefälle vorkommt.

Die Einrichtung der Sägemühlen ist verschieden. Man unterscheidet zuvörderst solche mit hin- und hergehender Bewegung, bei denen die Säge ein einfaches gerades Blatt ist, von denen aber auch mehre neben einander liegen können; oder mit fortwährend nach der nämlichen Richtung gehender Bewegung. Hierbei ist das Sägblatt eine kreisrunde, am Umfange mit Zähnen versehene Scheibe (Zirkelsäge). — Ueber die Anfertigung der Sägen wird in der ersten Abtheilung des zweiten Theiles näher geredet werden.

Die gewöhnliche Einrichtung der zum Zerschneiden der Holzstämme zu Brettern und Bohlen angewendeten Schneidemühlen ist im Allgemeinen folgende: In einem rechteckigen hölzernen Rahmen, dem Sägengatter, sind die Sägenblätter senkrecht befestigt. Dieses Gatter bewegt sich zwischen zwei Säulen, den Gattersäulen, die in dem Schwellwerk der ganzen Maschine stehen und oben mit dem Gebälk des Mühlengebäudes verbunden sind. Die auf- und niedergehende Bewegung des Sägengatters wird durch eine Kurbel bewirkt, die durch eine Kurbelstange (Lenker) mit dem Gatter in Verbindung steht. Das zu zerschneidende Holz ruht auf einem horizontalen Wagen, der sich auf hölzernen, mit eisernen Schienen beschlagenen Straßbäumen, auf Laufrädchen bewegt und eng genug ist, um zwischen dem Gatter durchgehen zu können. Die Sägen schneiden nur im Niedergehen. Während des Hinaufgehens wird ihnen das zu schneidende Holz wieder um soviel entgegengerückt, als die Tiefe des nächsten Schnittes beträgt. Hierzu ist ein Stoßrad vorhanden, dessen Stoßstange von dem aufsteigenden Sägegatter mittelst eines Winkelhebels bewegt wird. Indem das Stoßrad um einen oder um einige Zähne fortrückt, greifen zwei an seiner Axe sitzende Trillinge in zwei unten an dem Wagen sitzende Zahnstangen, oder es ist um die Axe eine Kette geschlungen, deren beide Enden an denen des Wagens befestigt sind. Auf diese Weise wird der letztere und mit ihm das Holz vorwärts getrieben. Ist der Baum (Bloch) einmal seiner Länge nach durchschnitten, so wird der Wagen durch eine Combination von Räderwerk zurückgeführt, und wenn nicht soviel Sägen in dem Gatter befestigt sind, daß der Bloch auf einmal in die erforderliche Anzahl von Brettern zerschnitten wird, so rückt man den Bloch auf dem Wagen so, daß die Sägen neue Schnitte thun können. In diesem Falle sind zwei oder drei Blätter im Gatter und eben soviel Blöche auf dem Wagen.

Wir wenden uns nun zu der speciellen Beschreibung einer Sägemühle mit senkrechten Sägen und hin- und hergehender Bewegung, nach neuerer Einrichtung, so wie sie von Haque zu Ratcliff in England construirt wird.* Fig. 1, Taf. XXXVII, ist eine Längen- und Fig. 2 eine Queransicht von dieser eben so einfachen, als sinnreichen Maschine. A A A sind Schwellhölzer, die den Grund der Maschine bilden, auf welchem das gußeiserne Gerüst B B B durch starke eiserne Bolzen a a a a mit Muttern befestigt ist. Ein gußeisernes Gerüst hat vor einem hölzernen große Vorzüge, da es weit fester und steifer ist; und da die Leitungen für das Sägengatter und andere Theile, die mit ihm in Verbindung stehen, ebenfalls aus Eisen bestehen, so sind sie nicht dem Loswerden unterworfen, welches stets bei der Verbindung von Eisen und Holz, wegen des Zusammentrocknens des letztern, der Fall ist. Die Bewegung wird der Maschine durch Riemen mitgetheilt, die sehr zweckmäßig statt der Zahnräder angewendet werden, weil sie leer gehen und die Maschine zum Stillstande kommt, sobald diese einen bedeutenden Widerstand findet, wogegen bei Zahnrädern, in einem ähnlichen Fall, Brüche gar nicht zu vermeiden sein würden. Wirklich sollten alle Maschinen, bei denen die Leistungen nicht constant sind, aus den obigen Gründen, mittelst Riemen, die über Rollen gehen, und nicht durch Zahnräder betrieben werden.

C C ist eine horizontale Welle, deren Zapfen an beiden Enden in dem Gerüst in Lagern ruhen. An derselben sitzen die Trieb- und die Leerrolle D D, E E, deren Bewegung von einer Dampfmaschine ausgehen, so wie auch das Schwungrad F F, welches an keiner Sägemaschine fehlen darf. G G G G ist das Gatter, in welchem die Sägen befestigt sind; es wird bei seiner senkrechten Bewegung von quadratischen Stäben b b geleitet, die mit den senkrechten Gattersäulen B durch starke Klammern verbunden sind. Es ist dieß eine vortreffliche Methode, die Bewegung des Gat-

---

* Nach Barlow, S. 381 x.

ters zu leiten, da es mit sehr geringer Friction verbunden ist und da jedes Loswerden, welches durch die Bewegung und Abnutzung entstehen kann, sehr leicht durch Anziehen der Schraubenmuttern cccc gehoben wird.

Bei einigen Sägemühlen werden zur Verminderung der Reibung zwischen dem Sägengatter und den Falzen, in denen sich dasselbe bewegt, Frictionsrollen angewendet, die so angebracht worden sind, daß das Gatter nur durch dieselben geleitet wird und es mit gar nichts Anderm in Berührung kommt. Sie bestehen im Allgemeinen aus vier Walzenpaaren, die horizontal liegen, alle gleichen Durchmesser haben und von denen jedes Paar durch eine gemeinschaftliche Spindel verbunden ist, deren Länge der Breite des Gatters gleich ist. Die Zapfenlager sind so eingerichtet, daß sie gestellt werden können, wodurch dem Gatter die vollkommen richtige Stellung und eine sichere Bewegung ertheilt wird. Man hat es auch versucht, ähnliche Frictionswalzen an den Seiten des Gatters anzubringen, allein es kommen dieselben durch die unvermeidliche Abnutzung leicht in Unordnung, und die Sägen erhalten dadurch eine unsichere Bewegung.

Die Sägenblätter werden in dem Gatter durch Keile befestigt, die durch Löcher am obern Ende von jenen getrieben werden. Auf diese Weise kann jede beliebige Anzahl von Sägenblättern in dem Gatter und eben so auf jede beliebige Entfernung von einander befestigt werden. Es ist aber wegen einer Tendenz, die Sägen in der Ebene ihrer Richtung zu drehen, im Allgemeinen nothwendig, zur Befestigung der Keile Holzstücke zwischen die Sägenblätter anzubringen, welche dieselbe Stärke wie die zu schneidenden Bretter haben. Sie werden mit ähnlichen, außerhalb vorhandenen Stücken, mittelst Schrauben, fest unter einander verbunden.

Eine sehr sinnreiche Methode, die Sägen an dem Gatter zu befestigen, ist von Hrn. **Brunel**, der sich viel mit diesen Maschinen beschäftigt hat und dem wir sehr wichtige Verbesserungen derselben verdanken; er hat sie bei den Sägemühlen des Königl. Arsenals zu Woolwich in England in Anwendung gebracht. Mittelst dieser Vorrichtung kann jede beliebige Anzahl von Sägenblättern sehr schnell aus dem Gatter herausgenommen und eben so leicht durch andere, geschärfte, ersetzt werden. An jedem Sägenblatte sitzen, mit demselben durch Niete verbunden, zwei hakenförmige Stücken Eisen. Der am untern Ende des Sägenblattes befindliche Haken tritt in eine eigene Vertiefung in dem untern Querbalken des Gatters und der obere Haken greift in den Haken eines von dem obern Querbalken herabhängenden Gelenkes, durch dessen oberes Ende ein Keil geht, wodurch es fest angezogen und die Säge angespannt werden kann. Da aber die Spannung der verschiedenen Sägen gewissermaßen ungewiß ist, wenn sie blos von dem mehren oder wenigern Eintreiben der Keile mit dem Hammer abhängt, so hat Herr Brunel eine sehr sinnreiche Vorrichtung angewendet, welche nicht allein die zum Anziehen der Keile erforderliche Zeit abkürzt, sondern auch den, der Säge zu gebenden Grad der Spannung angiebt. Es besteht diese Vorrichtung aus den folgenden Theilen. Quer zwischen den Gattersäulen, an denen sich das Gatter auf und nieder bewegt, ist eine Axe angebracht, und von der einen Seite derselben über dem Gatter geht ein kurzer Hebel herab, an dessen Ende

ein Gewicht angehängt ist. An der entgegengesetzten Seite dieser Axe oder Welle sind zwei andere kurze Hebel vorhanden, die durch Wirbel mit einer starken Querstange verbunden sind, die gerade über den obersten Querbalken des Sägengatters, wenn es seinen höchsten Stand hat, liegt. An dem Querbalken ist ein Gelenk angebracht, welches mittelst eines Keils mit einem von den vorhin erwähnten Gelenken, die das obere Ende des Sägenblattes mit dem Gatter verbinden, vereinigt werden kann. Dadurch wird der Hebel mit seinem Gewicht eine Schnellwage, welche irgend eine von den Sägenblättern mit einem bestimmten Gewicht spannt. Soll nun der Apparat benutzt werden, so wird der Laufriemen über die Leerrolle geschlungen, um die Bewegung des Sägengatters zu hemmen, die Kurbel wird herum gedrehet, um das Gatter auf seinen höchsten Standpunkt zu bringen und es wird alsdann auf irgend eine Weise festgestellt, damit es nicht zurückgehen kann. Es werden nun die scharfen Sägen in das Gatter gebracht, indem man sie in den untern Querbalken einhakt und die Haken am obern Ende der Blätter mit den erwähnten Haken des obern Querbalkens verbindet. Darauf legt man zwischen die verschiedenen Sägenblätter Holzklötzchen, welche die Stärke der zu schneidenden Bretter haben, und verbindet sie auf die schon weiter oben angegebene Weise mittelst Schrauben. Das belastete Ende der Schnellwage wird nun durch ein, über eine Rolle gehendes Seil empor gehoben und das Gelenk am Querbalken der Wage mit dem Gelenk einer der Sägen verbunden. Läßt man nun das Gewicht an der Wage frei, so spannt es das Sägenblatt und der Keil wird mit der Hand in die Oeffnung des Gelenks geschoben, um die Säge in der Spannung zu erhalten, welche sie von dem Gewicht erhalten hat. Der Haken der Wage wird alsdann losgehängt, mit einem andern Sägenblatte verbunden und es werden auf diese Weise alle Sägen eines Gatters gleich stark gespannt.

Wir wenden uns nun wieder zu den Fig. 1 und 2 zurück. **HHH** sind die Durchschnitte von den Balken, welche den Boden der Mühle bilden; **III** sind gußeiserne Ständer, welche durch Schraubenbolzen fest mit dem Boden verbunden und oben mit horizontalen Rollen versehen sind, auf denen die zu zerschneidenden Blöche die Längenbewegung erhalten. Die Blöche werden mit dem einen Ende an einem Wagen befestigt, der mit der Zahnstange verbunden ist, wie man bei **L** sieht, und an dem andern Ende mit einem Wagen, der nach der Länge des zu schneidenden Holzes gestellt werden kann. **MM** ist eine Zahnstange, mittelst welcher die Blöche den Sägen auf folgende Weise entgegengeführt werden. **NN'** ist ein horizontaler, sich um den Punkt **N** drehender Hebel, der eine geringe auf- und niedergehende Bewegung von einer excentrischen Scheibe **g**, an dem einen Ende der Kurbelwelle, während des Zuges von der Sägengatter erhält, allein in entgegengesetzter Richtung, so daß beim Niedergange der Säge das Ende des Hebels in die Höhe geht. **h** ist ein kurzer Arm, der auf solche Weise an dem Hebel befestigt ist, daß er beim Aufgange in die Zähne des Schieb- oder Stoßrades **m** greift und als Schiebstange wirkt, beim Niedergange aber über die Zähne weggleitet, ohne das Rad zu bewegen, dessen Rückgang durch den bei **O** zu sehenden Sperrkegel gehindert wird. Der Arm **h** hat ein kleines Gegenge-

wicht n, das denselben mäßig gegen das Schiebrad m drückt und das Fehlen eines Zahns verhindert. Man wird leicht einsehen, daß während des Niederganges der Säge, also während der Zeit ihrer Wirksamkeit, der Hebel N, mittelst der excentrischen Scheibe, das Schiebrad m umdreht. An der Welle dieses Rades sitzt ein kleines Getriebe p, welches in die Zähne der Zahnstange MM greift und den Wagen nebst den Blöchen den Sägen entgegen führt. Der Drehungspunkt des Hebels NN kann auf jeden Punkt innerhalb der Länge Ni, wo die excentrische Stange befestigt worden ist, gestellt werden, so daß man im Stande ist, den Blöchen, je nach der Beschaffenheit des zu zerschneidenden Holzes, jeden Grad der Geschwindigkeit bei seiner Längenbewegung nach der Säge zu zu geben.

Der mit PP bezeichnete Theil ist ein Führer für die Blöche bei ihrem Durchgange durch das Sägengatter, indem es dieselben veranlaßt, eine mit der Bewegung der Säge parallele Richtung zu nehmen. Der Bloch wird mittelst eines Hebels gegen den Führer gedrückt, dieser Hebel ist aber zur Vermeidung von Undeutlichkeiten auf den Abbildungen weggelassen. Das eine Ende desselben ist mit einem, über eine Rolle gehenden Gewicht verbunden und das andere mit einer Walze, die mittelst des Gewichts gegen den Bloch gedrückt wird und denselben in gehöriger Stellung in Beziehung zu den Sägen hält.

Wenn die Blöche durchgeschnitten sind, so wird der Wagen mittelst einer Kurbel an der Welle des Zahnrades und Getriebes, die durch einen Arbeiter gedrehet wird, zurückgezogen. Der Sperrkegel wird alsdann aus den Zähnen des Schiebrades zurückgeschlagen, damit dasselbe in entgegengesetzter Richtung bewegt werden kann. Bei vielen Sägemühlen wird dieß Zurückziehen des Wagens durch die Maschine selbst bewirkt, allein da dieselbe alsdann weit zusammengesetzter sein muß, so ist es zweckmäßiger, diese leicht ausführbare Arbeit durch Menschenkraft zu bewirken.

Die Schnelligkeit der Bewegung des Wagens, oder die Bestimmung, um wieviel der Bloch oder Klotz bei jedem Schnitte der Säge zugeführt werden soll; hängt, wie schon bemerkt, von der Dicke und Härte des zu sägenden Holzes, dann aber auch von der vorhandenen Kraft ab. Je weniger der Wagen vorrückt, desto weniger Holz hat die Säge bei jedem Schnitte abzureißen, mit desto geringerer Kraft kann sie daher bewegt werden. Gewöhnlich läßt man den Klotz zwischen $^1/_{12}$ bis $^1/_4$ Zoll bei jedem Schnitte vorschieben. Ein tieferer Schnitt als $^1/_4$ Zoll ist wohl nur bei sehr großer Hubhöhe der Säge, von etwa 20 bis 30 Zoll, thunlich, weil sonst die Bretter durch das gewaltsame Abreißen dicker Späne zu rauhe Oberflächen erhalten.

Zur Erreichung eines gleichförmigen Ganges der Säge und eines durchaus gleichen und glatten Sägenschnittes ist es von Wichtigkeit, die Säge an der Zahnseite nicht ganz senkrecht, sondern auf die stattfindende Hubhöhe immer um die Größe der Zuschiebung mit dem obern Theile überhängend zu machen. So muß z. B. bei 15 Zoll Hubhöhe, $^1/_4$ Zoll Zuschiebung und 5 Fuß Höhe der ganzen Säge, die durch die Zahnspitzen bis an die beiden Aufhängepunkte verlängerte Linie oben um $^1/_2$ Zoll überhängen, oder von der Senkrechten abweichen. Es wird hierdurch erlangt, daß alle Zähne zu jeder Zeit gleich stark arbeiten.

Die Säge muß ferner auch geschränkt sein, d. h. die Zähne derselben müssen abwechselnd zu beiden Seiten ihrer Breite etwas vorstehen, damit der Sägeschnitt breiter wird und die Säge leichter durchgehe. Dieser Schrank beträgt gewöhnlich $^1/_3$ Zoll, bei neuen Sägen $^1/_4$ Zoll, bei bereits sehr abgeschliffenen dagegen nur $^1/_8$ Zoll. Je kleiner er sein kann, d. h. je dünner die Säge ist, desto weniger Kraft wird zur Bewegung derselben erfordert; allein dünne Sägenblätter, welche zugleich die erforderliche Festigkeit besitzen sollen, erfordern auch ein sehr gutes Material zu ihrer Anfertigung.

Bei jeder Sägemühle muß die Einrichtung getroffen sein, daß der Wagen nach vollendetem Schnitt nicht mehr weiter geschoben und dadurch vielleicht der sogenannte Richtschämel am Wagen zerschnitten werde, wenn nicht der Maschinenwärter darauf seine Aufmerksamkeit verwendet und den Wagen zu gehöriger Zeit zurückzieht. Die Vorrichtung, welche hierzu die unmittelbare Einwirkung der menschlichen Kraft entbehrlich macht, wirkt bei den durch Wasser betriebenen Sägemühlen auf den Schütz und schließt denselben, wenn der Schnitt vollendet ist, so daß die Maschine still stehen muß.

Zur Ableitung der herabfallenden Sägespäne muß über die Kurbelwelle und das Schwungrad ein Dach angebracht werden, durch welches der Lenker mittelst eines Einschnittes durchgeht. Der Einschnitt wird mit Leinwand verhängt, um das Herabfallen der Sägespäne auf die Kurbel und in das Zapfenlager zu vermeiden. Weil aber demungeachtet feine Sägespäne und Staub nicht ganz abzuhalten sind, so wird ein kleiner, beständig zufließender Wasserstrahl auf den Kurbelzapfen geleitet, wodurch alle Sägespäne abgespühlt werden und zugleich auch die Erhitzung des Zapfens in dem Lager, welche bei der bedeutend schnellen Umdrehung erfolgen muß, vermieden wird. Man leitet zu gleichem Zweck auch den andern Zapfen solche kleine Wasserstrahlen zu.

Die englischen Sägemühlen, durch die, wie in den beschriebenen Figuren, die Blöche gleich auf einmal in die erforderliche Anzahl von Brettern zerschnitten werden, haben offenbar große Vorzüge vor denen von älterer Einrichtung, bei denen das Gatter nur 1, 2 oder 3 Blätter hat und jedem ein Bloch vorgegeben wird, die dann nach vollendetem Schnitt weiter gerückt werden. Ueberdieß gewähren jene noch den besondern Vortheil, daß sie bei einer Anlage an Flüssen mit sich häufig veränderndem Wasserstande, nach Maaßgabe der jedesmal vorhandenen Kraft, mit einer oder mehren Sägenblättern gehen können, wogegen Brettsägen mit nur zwei Blättern bei höherm Wasserstande zwar etwas schneller arbeiten, aber doch bei weitem nicht die jedesmalige Kraft immer gehörig benutzen können.

Sehr specielle Beschreibungen und Abbildungen von Sägemühlen älterer Construction findet man in Gerstner's Mechanik, II, S. 439 ꝛc. und Taf. 62 und 63. Auch im 2. Heft von Hoffmann's Sammlung der gebräuchlichsten Maschinen (Berlin 1833) findet man die sehr genaue Abbildung einer, durch ein mittelschlägtiges Wasserrad betriebenen, gewöhnlichen Sägemühle. Einige neuere aber sind eben so speciell abgebildet im Recueil industriel, II. Auf den Tafeln 9 — 11 ist eine Sägemühle mit mehren Blättern, von Halette in Arras construirt, nebst allen Einzeln,

heiten, dargestellt. Sie wird durch eine Dampfmaschine von 8 Pferdekräften betrieben und kann mit 12 Sägenblättern zugleich arbeiten. Die Taf. 25 und 26 enthalten die Abbildung einer kleinen Sägemühle mit einem Sägenblatt, um die Blöche in Bretter zu theilen, construirt von E. Philippe. Zu ihrem Betriebe ist nur eine Pferdekraft erforderlich.

Nachdem wir nun eine Sägemühle mit gerader Säge beschrieben haben, wollen wir zuvörderst einige **Furnierschneidemaschinen** (Scie-à-placage, franz., Saw for cutting veneers, engl.) beschreiben.

Mit dem Namen **Furniere** bezeichnet man bekanntlich jene dünnen Holzblätter, welche zum Bekleiden (**Furnieren**) und Einlegen von Tischlerarbeiten verwendet werden. Fast ausschließlich sind die Furniere von harten und feinen Holzarten verfertigt. Das Zertheilen des Holzes in sehr dünne Blätter unterliegt eigenthümlichen Schwierigkeiten, welche theils in der Beschaffenheit der angewendeten mechanischen Vorrichtungen, theils in der Natur des Holzes ihren Grund haben. Das schneidende Werkzeug soll eine so regelmäßige Bewegung haben, daß keine Beschädigung der Furniere durch dasselbe während des Abschneidens selbst eintreten kann; es soll zugleich möglichst wenig Abfall durch Späne erzeugen.

Das Material zur Verfertigung von Furnieren sind Bohlen von verschiedenen Dimensionen, wie sie eben im Handel erlangt werden können. Ihre Länge beträgt gewöhnlich zwischen 5 und 7 Fuß oder darüber; ihre Breite von 8 bis 24 und selbst 30 Zoll. Darnach bestimmt sich Länge und Breite der Furniere, die eben so verschieden ist. Die Zertheilung der Bohlen in Furniere geschieht durch Sägen, doch hat man auch versuchsweise und in einzelnen Fällen andere Methoden angewendet, von denen wir weiter unten auch das Wesentlichste bemerken werden.

Das Sägen der Furniere hat weit mehr Schwierigkeiten, als das Sägen von Brettern und Bohlen. Die Säge muß ein dünnes Blatt und nicht zu grobe Zähne haben, welche sehr regelmäßig und nicht zu stark ausgesetzt oder geschränkt sind. Die Bewegung der Säge muß sanft und unveränderlich in der mathematischen Ebene stattfinden, weil sonst unnöthiger Abfall durch Vermehrung der Späne entsteht, oder die Furniere rissig und löcherig werden. — Ein bedeutender Theil des Holzes geht natürlich nutzlos durch die Sägespäne verloren, und je nachdem dieser Theil größer oder geringer und die Dicke der Furniere selbst verschieden ist, fällt natürlich die Zahl von Blättern, welche aus einer bestimmten Holzdicke gewonnen werden, ungleich aus. Gewöhnliche, etwas starke Furniere schneidet man ungefähr 12 aus einer Zolldicke, wovon nicht viel weniger als die Hälfte in die Späne geht, so daß die Furniere kaum über ½ Linie dick sind. Mit den neuern, vervollkommneten Maschinen hat man es indessen dahin gebracht, aus jedem Zolle der Bohlendicke 20 bis 24 und selbst 28 Furniere zu schneiden.

Die Furnierschneidmaschinen arbeiten entweder theils mit geraden Sägen, theils mit Kreissägen, von denen erstere die häufigsten sind. Ihre Einrichtung stimmt in den wesentlichen Punkten mit jener der Brettersägemühle überein, nur müssen alle Theile feiner und sorgfältiger gearbeitet sein. Sie werden durch Wasser-, Pferde- oder Dampfkraft betrieben. Die ältern Maschinen haben senkrechte Sägen, welche wie die der gewöhnlichen Sägemühlen wirken; allein neuerlich hat man es vortheilhafter gefunden, die Säge in horizontaler Richtung gehen zu lassen, die Bohle aber vertikal zu heben. Man erreicht dadurch, weil das Gewicht des Gatters außer Mitwirkung kommt, eine sanftere und genauere Bewegung der Säge, welche beim Schneiden dünner Furniere so höchst wichtig ist. Auch ist das Gestell der Maschine und das Gebäude weniger heftigen Erschütterungen ausgesetzt.

Zu den vorzüglichsten Furnierschneidmaschinen gehört die von dem Mechaniker Cochot zu Paris construirte, welche wir hier zuvörderst beschreiben wollen und die auf den Tafeln XXXVIII und XXXIX abgebildet worden ist.* Die **allgemeine Einrichtung** derselben ist folgende: Die Säge steht horizontal und hat eine hin- und hergehende Bewegung, d. h. die Höhe oder die Breite des Blattes liegt in einer senkrechten Ebene und bleibt in derselben, während sie sich mit großer Geschwindigkeit vor- und rückwärts bewegt. Die Linie, in welcher die Zähne liegen, ist keine horizontale, sondern man giebt ihr eine geringe Neigung, die nach den Umständen verschieden ist; allein da die Bewegungslinie des Sägengatters genau horizontal liegt, so folgt daraus, daß alle Zähne horizontale Linien durchlaufen, die mehr oder weniger übereinander liegen, je nachdem die Linie der Zähne eine größere oder geringere Neigung hat. Man kann daher sagen, daß die Zähne die Arbeit erwarten und daß ein jeder derselben alles das wegreißt, was sich ihm über der Linie, in welcher er sich bewegt, entgegenstellt. Der Mechanismus muß daher so eingerichtet sein, daß sich die Säge in ihrer Längenrichtung sehr leicht bewegt, daß sie aber sowohl seitwärts, als auch von oben nach unten, oder von unten nach oben unveränderlich bleibe. Dieß ist eine wesentliche Bedingung. Wir werden sehen, daß sie bei der Cochot'schen Maschine vollständig erreicht ist.

Da sich das Holz der Wirkung der Säge darbieten muß, so ist es erforderlich, ihm zwei verschiedene Bewegungen zu ertheilen, nämlich eine Seiten- und eine steigende Bewegung. Der Maschine werden dadurch zwei andere, nicht minder wesentliche Bedingungen, als die erste ist, gestellt.

Bei der Seitenbewegung geht das Holz parallel mit sich selbst, oder vielmehr parallel mit der Ebene der Säge vorwärts und zwar um eine Größe, die gleich dem Schnitt der Säge und der Stärke des Furniers ist, welches von der Bohle losgeschnitten werden soll. Diese Bewegung erfolgt jedesmal dann, wenn ein Furnier abgeschnitten worden oder ein Schnitt vollendet ist. Sie wird von dem die Maschine bedienenden Arbeiter ausgeführt, und derselbe braucht zu dem Ende nur eine Schraube, deren Kopf mit einem Zeiger versehen ist, welcher sich auf einem festen, getheilten Kreise bewegt, um eine gewisse Größe zu drehen.

Die emporsteigende Bewegung des Holzes geschieht nach und nach während einer der abwechselnden Bewegungen der Säge, allein es muß hier bemerkt werden, daß, da aus Gründen, die wir später angeben werden, die sich hin-

* Nach dem Portefeuille industriel, I. p. 265 etc.

und herbewegenden Sägen nur in einer Richtung wirken, man nach Belieben das Holz aufsteigen lassen kann, wenn die Säge den wirkenden, oder wenn sie den leeren Gang macht. Entscheidet man sich für den ersten Fall, so findet man immer große Schwierigkeiten; denn wenn man das Holz in irgend einem Augenblick der Bewegung, bei welcher die Zähne schneiden, zu schnell emporsteigen läßt, so entsteht dadurch ein Druck von unten nach oben gegen die Zähne, der sie zu verbiegen strebt, und wenn man glaubt, daß man diesem Nachtheil entgehen könne, so bieten sich eine Menge anderer dar, wie z. B. das Ausfüllen der Zähne mit Sägespänen, eine ungleiche Bewegung u. s. w. Ist die steigende Bewegung des Holzes dagegen zu langsam, so geht daraus freilich kein Nachtheil für die Maschine hervor, allein dieselbe veranlaßt einen unnützen Kraft- und Zeitverbrauch. Es ist daher sehr schwierig, die emporsteigende Bewegung des Holzes und die sehr veränderliche Bewegung der Säge in ein richtiges Verhältniß zu bringen, und wenn man eine solche Einrichtung annimmt, so läuft man stets Gefahr, eine fehlerhaft eingerichtete Maschine zu haben. Man muß demnach dem zweiten Fall den Vorzug geben und den Mechanismus so einrichten, daß das Holz während der Zeit steigt, in welcher die Säge die leergehende Bewegung macht. Es ist alsdann ebenfalls noch eine wesentliche Bedingung zu erfüllen, allein sie hat keine weitere Schwierigkeit. Es muß nämlich bei der hin- und hergehenden Bewegung der Säge, die 180 oder 200, ja selbst 300 Mal in der Minute stattfindet, das Holz mehrmals in einer Secunde in die Höhe gehen, nämlich dreimal im erstern und fünfmal im dritten Falle, und zwar muß diese emporsteigende Bewegung jedesmal sich gleich sein. Sie wird von der Maschine selbst auf die weiter unten beschriebene Weise ausgeführt, und es muß zwischen derselben und der Bewegung der Säge ein genaues Verhältniß stattfinden.

Nachdem wir nun einen allgemeinen Begriff von dem Ganzen dieser sinnreichen Maschine gegeben haben, wenden wir uns zu einer genauern Beschreibung der verschiedenen Theile, welche sie bilden.

Einrichtung des Gerüstes. — Dieses besteht eigentlich aus zwei verschiedenen Theilen, aus dem, der die Säge, und dem, welcher das Holz, oder vielmehr den Wagen trägt, auf welchem das Holz befestigt ist; allein beide Theile stehen im Zusammenhange und sind sehr fest mit einander verbunden.

Gerüst oder Gestell für die Säge. — Dieses besteht aus zwei großen Stücken Gußeisen, die einander ganz gleich sind, parallel vor einander stehen und unten und oben durch Querstücke vereinigt sind. Man sieht in Fig. 1, Taf. XXXVIII, das vordere Stück AABB des Gestelles mit seinen Ständern, Rippen, so wie nach seiner allgemeinen Gestalt, welche gänzlich rechteckig sein würde, wenn der obere Balken AA nicht etwas länger als der untere wäre. Die Fig. 5 (Taf. XXXIX), welche einen Aufriß der Maschine von der Seite des Wagens darstellt, zeigt einen großen Theil von dem hintern Stück A′A′B′B′. Fig. 2, ein Aufriß von dem Ende und Fig. 4, ein Querschnitt, zeigt dieselben Stücke des Gestelles von einer andern Seite. Man unterscheidet hier das Hervortreten der Rippen, die Gestalt der obern und untern Seiten und endlich die Entfernung der beiden Stücke von einander, so wie die Art und Weise, wie sie unten durch starke Bolzen b″ und oben durch die Querstücke a″ mit einander verbunden sind. Der Bolzen b″ sind vier vorhanden, deren Schraubenmuttern bb′ man in den Figuren 1 bis 5 sieht. Auch der Querstücke giebt es vier, deren beide Enden umgekehrt stehende Schraubengewinde haben, welche von den Schraubenlöchern a, a, a, a (Fig. 1) und a′, a′, a′, a′ (Fig. 5) aufgenommen werden. Wenn man daher diese Querstücke, mittelst des, in der Mitte ihrer Länge befindlichen Loches, etwas in der einen oder in der andern Richtung dreht, so kann man die obern Seiten AA und A′A′ des Gestelles einander etwas näher bringen oder sie von einander entfernen, indem die Elasticität des Metalles ein hinlängliches Spiel für die kleinen Bewegungen gestattet, welche man den gedachten Wänden geben muß, um jedes Schwanken bei der Säge zu verhindern.

Aus der Gestalt des Gestelles, und aus dem, was wir über seine Zusammenfügung gesagt haben, folgt, daß es nicht in der Absicht construirt ist, ein bedeutendes Gewicht zu tragen. Es ist wirklich nur dazu bestimmt, die Säge zu unterstützen, allein es muß dieß während einer sehr schnellen Bewegung derselben und das Gestell darf deshalb weder eine Biegung noch eine Erschütterung erleiden.

Gestell für den Wagen. — Mitten an dem Sägengestell und zwar an dessen hinterer Seite und senkrecht auf dessen Richtung ist das Gestell für den Wagen (Bâti du Cabriolet) angebracht, wie man aus Fig. 2 ersieht. — Es besteht ebenfalls aus zwei, einander parallelen, Stücken. Eins derselben CCDD sieht man in Fig. 2 im Aufriß und das andere C′C′D′D′, in Fig. 4 im Durchschnitt. Letztere Figur zeigt auch die Bolzen c′ und d′, welche das Stück C′C′D′D′ mit dem Stück A′A′B′B′ des Sägengestelles verbindet, während in der Fig. 2 die ähnlichen Bolzen c und d, welche CCDD mit A′A′B′B′ verbinden, durch die Rippen versteckt sind. Der hintere Aufriß, Fig. 5, zeigt eine gußeiserne Platte E, welche das Ende des Gestelles bildet und mit den Stücken CCDD und C′C′D′D′ durch 6 Schraubenbolzen, 3 rechts e und 3 links e′, verbunden ist. Der Durchschnitt, Fig. 4, zeigt die Stärke dieser Platte und ihrer Rippen. Man wird leicht einsehen, daß sie den Zweck hat, dem ganzen Wagengestell Festigkeit zu geben. Man wird aber auch einsehen, daß sie zu gleicher Zeit ein Stützpunkt für die Schraube ist, welche den Wagen vorschiebt, wenn ein Furnier abgeschnitten ist.

Einrichtung der Säge. — Das Sägengatter oder der Sägenrahmen ist dem einer gewöhnlichen Säge ganz ähnlich; es besteht aus zwei hölzernen Balken F′, F′, deren Länge man in Fig. 7 und deren Durchschnitt man in Fig. 6 sieht. Beide Balken sind fast in der Mitte ihrer Länge durch einen andern Balken F″, ebenfalls von Holz, verbunden. An dem einen Ende beider Balken ist die Säge befestigt, während die andern Enden durch eine lange eiserne Stange f″, fest verbunden sind. Die beiden Enden der Stange sind mit Schraubengewinden versehen, auf welche Muttern geschraubt sind, mittelst deren man die Stange mehr oder weniger stark gegen die Balken F′F′ anzieht. Die Säge F selbst ist an jedem Ende mit einer Armirung f versehen, welche zu ihrer Befestigung in dem Gatter dient und in Fig. 8 dargestellt ist. Das Sägen-

blatt wird mittelst der Schraubenmuttern f' an den beiden Enden der Armirung fest angespannt, während die Stange f'' die Querbalken F'F' in ihrer Lage erhält, indem sie sich sonst durch das Anziehen der Schrauben f' zu einander neigen würden.

Der beschriebene Rahm (Monture de la scie) wird nun auf das eigentliche Gatter (Châssis porte-scie) befestigt. Dieses besteht aus zwei einander parallelen Längenstücken GG, die etwas länger als der obige Rahm, und die an den Enden durch zwei sehr starke Querstücke g, g, und dazwischen noch durch mehre andere, minder starke, mit einander verbunden sind. Auf den Querstücken g, g, die, wie man aus Fig. 6 ersieht, auf ihrer ganzen Länge ausgehöhlt sind, bringt man Segmente von messingenen Cylindern g', an und auf diese, auf ihren obern Flächen sehr ebenen Segmente legt man die Querbalken F'F' von dem Sägenrahm, welche selbst genau abgerichtet sind, um dicht aufzuliegen. Alsdann wird die Säge durch Schraubenbolzen g'' auf dem Gatter befestigt; allein, ehe man die Muttern anzieht, muß man die Querstücke F'F' in eine zweckmäßige Lage bringen, welches ihre großen Ausschnitte gestatten. Man sieht, daß das Sägenblatt außerhalb des Rahmens bleibt und dieß ist nothwendig, denn dieser Zwischenraum nimmt das Furnier in dem Maaß, als es abgeschnitten wird, auf.

Um nun die Säge zu bewegen und zu leiten, ist die Bewegung und Leitung des Gatters hinreichend, indem beide ein Ganzes ausmachen. Wir wollen nun sehen, wie das Gatter auf dem Gestell angebracht ist. Jedes der beiden Längenstücke des Gatters ist an den beiden Enden mit metallenen Leisten i, deren Form und Dimensionen in den Fig 7 und 9 zu sehen sind, versehen. Diese Leisten, welche mittelst Schrauben mit versenkten Köpfen an den Längenstücken sehr fest angeschraubt sind, treten mit ihren vorspringenden Kanten in die Falzen I, die an den vier obern Ecken des Gestelles angebracht worden sind. Die Leisten i sind hinlänglich stark und lang, um das Gewicht des Gatters und der Säge bei ihrer hin- und hergehenden Bewegung tragen zu können, denn beide stehen in keiner andern Berührung mit dem Gestell und die Falzen I müssen fast eben so lang als der größte Lauf der Säge sein, um sie in allen Stellungen, die sie annehmen kann, unterstützen und richten zu können. Zu dem Ende dehnen sie sich auf beiden Seiten, von der Breite des Wagens bis zu den Enden des Gestelles aus, wie man aus den Fig. 1 bis 5, an den Köpfen der vier Schrauben, welche sie befestigen, ersieht. Demnach sind sie etwas länger, als ein Drittel der ganzen Länge des Gestelles beträgt; denn der Lauf der Säge muß länger sein, als die Breite des Holzes beträgt, damit die Zähne auf beiden Seiten heraustreten und sich der Sägespäne, mit denen die Zwischenräume der Zähne ausgefüllt sind, entledigen können. Man wird einsehen, daß sowohl die Falzen I, als auch die Leisten i mit der größten Sorgfalt befestigt sein müssen, damit die Säge ohne zu große Reibung und ohne zu große Freiheit laufen kann. Daher hat man das Gestell so eingerichtet, daß man dessen obere Theile AA und A'A', mittelst der, an den Enden mit Schraubengängen versehenen Querstücke a'', einander etwas zu nähern, oder etwas von einander zu entfernen, im Stande ist. Wenn, nachdem die Säge einige Zeit im Betriebe gewesen ist, die Leisten bei der Bewegung von jener etwas frei zu werden beginnen, so ist es hinreichend, die entgegengesetzten Seiten des Gestelles nur um etwas anzuziehen, um das Schlottern zu verbessern und um den Gang des Gatters regelmäßig zu machen.

Man hat eine Menge von Versuchen angestellt, um Falze zu erlangen, die ihrem Zweck vollkommen entsprechen, d. h. welche wenig Reibung veranlassen, sich nicht verziehen und einem langen Gebrauch widerstehen. Hagenbuchen- und Franzosenholz haben im Allgemeinen wenig günstige Resultate gegeben, und auch die verschiedenen Metalle haben manche Schwierigkeiten dargeboten. Am besten ist noch eine Legirung, bestehend aus 90 Theilen Kupfer, 5 Theilen Zink und 5 Theilen Antimon, indem sie von allen versuchten die besten Resultate gegeben hat.

Bewegung der Säge. — Die Säge und das Gatter erhalten die Bewegung von einem Schwungrade V (Fig. 11), auf dessen Welle eine Trieb- und eine Leerrolle vorhanden ist. Jene wird durch ein Band, welches über eine zweite, mit der Bewegungsmaschine in Verbindung stehende Rolle läuft, in Bewegung gesetzt. Gewöhnlich machen die Triebrolle und das Schwungrad 180 bis 200 Umdrehungen in der Minute. Man wird aber einsehen, daß auf der einen Seite die Bewegungsmaschine eine fast regelmäßige und sich gleichbleibende Kraft, und daß auf der andern Seite das Schwungrad zweckmäßige Dimensionen haben muß, um nicht während der Dauer einer Umdrehung zu große Verschiedenheiten in der Geschwindigkeit zu erleiden; denn wir haben schon weiter oben bemerkt, daß die Säge nur stoßend wirkt und daß sie, während sie von dem Schwungrade gezogen wird, leer zurückkommt. Es folgt daraus, daß, während etwas mehr als der Hälfte einer Umdrehung, das Schwungrad von der bewegenden Kraft mehr Geschwindigkeit erlangt, als es verliert, und daß es während des übrigen Theiles der Umdrehung mehr abgiebt, als erlangt; so daß es nach jeder ganzen Umdrehung wiederum von derselben Geschwindigkeit angetrieben wird. Es hat daher seine größte Geschwindigkeit, kurz nachdem die Säge zu wirken begonnen, und die geringste, kurz nachdem diese Wirkung aufgehört hat. Wichtig für die Regelmäßigkeit des Betriebes der Maschine ist es, daß diese geringste Geschwindigkeit nicht viel von der größten verschieden ist. Man kann die Dimensionen des Schwungrades, um diese Bedingung zu erfüllen, leicht berechnen.

Die Entfernung des Mittelpunktes des Schwungrades bis zu dem Punkte, an welchem die Kurbelstange aufgehängt ist, hängt von der Länge des dem Gatter zu gebenden Laufes ab. Diese Entfernung, welche die Länge der Kurbel bildet, beträgt hier 30 Centimeter (11 ½ Zoll rheinl.), weshalb der Schnitt der Säge 60 Centimeter (23 Zoll) lang ist. Es folgt daraus, daß man kein Holz schneiden kann, welches breiter als 50 bis 55 Centimeter (19 bis 21 Zoll) ist; denn wenn es auch nicht unbedingt nöthig ist, daß das Holz eine geringere Breite habe, als der Schnitt der Säge beträgt, so ist es doch eine unerläßliche Bedingung für einen guten Betrieb der Maschine. Die Kurbelstange, welche das Schwungrad mit dem Sägengatter verbindet, muß in Beziehung zur Länge der Kurbel sehr lang sein, indem sonst die Kraft schief auf das Gatter

wirken und die Leisten in ihren Falzen, abwechselnd von oben nach unten und von unten nach oben drücken würde. Es würden daraus Reibung, Abnutzung und Erschütterungen erfolgen, welche einen genauen Gang der Maschine verhindern und sie bald unbrauchbar machen würden. Man macht die Kurbelstange gewöhnlich achtmal länger als die Kurbel; allein es genügt dieß noch nicht, um die obigen Nachtheile zu vermeiden. Die Kurbelstange wird noch immer auf die Leisten drücken, entweder wegen ihrer Schiefe zur Richtung des Gatters, wenn die Kurbel senkrecht steht, oder wegen des Stoßes, der stets dann erfolgt, wenn die Kurbel über die horizontale Linie hinausgeht. Aus diesem Grunde bringt man auch in der Nähe des Gestelles ein Hülfsgelenk an, welches aus zwei, einander parallelen Stangen h besteht, die an einer Axe h'' befestigt sind, deren Zapfen sich in zwei, am Boden vorhandenen Pfannen bewegen. Jede dieser Stangen steht durch einen Wirbel mit einer von den Stangen H (Fig. 6 und 7) in Verbindung, während der Theil H' der Kurbelstange mittelst Pfannen um die Mitte des Querstücks greift, welches die Enden der beiden Stangen h verbindet. Es folgt daraus, daß die Länge der Kurbelstange aus zwei verschiedenen Längen, H und H', besteht und daß, während eines Umlaufs von dem Schwungrade, die Stangen h zweimal den Bogen h' h' beschreiben, dessen Sehne gleich der doppelten Länge von der der Kurbel, oder des Sägenschnittes ist. Damit aber diese Vorrichtung fortwährend ihren Zweck erfülle, müssen die Sehne des Bogens h' h' und sein Scheitel über und unter der, von der Bewegung von H mit dem Gatter beschriebenen Linie liegen und fast gleich weit entfernt sein, um die Schiefe zu theilen. Endlich muß auch die Länge der Stangen h groß genug sein, damit die schiefe Richtung, welche der Theil H der Kurbelstange in Beziehung zu dem Gatter hat, geringer sei, als wenn letzterer unmitelbar mit dem Schwungrade verbunden wäre. Sind diese Bedingungen zweckmäßig erfüllt, so kann man auch überzeugt sein, daß sowohl die Stöße der Kurbelstange, als auch der zu starke Druck, den die Schiefe auf die Leisten hervorbringt, vermieden werden. Das Gatter geht alsdann ohne Anstrengung, und wenn man außerdem von Zeit zu Zeit die Falzen mit Klauenöl einschmiert, so wird die Maschine lange Zeit hindurch ohne die geringste Reparatur betrieben werden können.

Einrichtung des Wagens. — Man sieht den Wagen in Fig. 3 von oben, in Fig. 4 im Durchschnitt, im Seitenaufriß in Fig. 2, im Aufriß von der vordern und hintern Seite in den Fig. 1 bis 5.

Er besteht aus mehren Stücken, deren Verbindung wir nun nachweisen wollen.

Das Hauptstück, welches auf dem Gestell ruht und den ganzen Wagen trägt, muß sowohl sehr fest als auch sehr steif sein. Es besteht aus Gußeisen und seine Gestalt ist hauptsächlich aus der Fig. 3 ersichtlich. Die Seiten P P und P' P' ruhen auf den Seiten C C und C' C' des Gestelles, welche vollkommen eben zu ihrer Aufnahme sind, und, um die Seitenabweichungen zu vermeiden, endigt sich die Seite C' C' in eine Schärfe, und die Seite P' P' hat eine Vertiefung zu deren Aufnahme. Man kann daher den Wagen sehr leicht vorstoßen, oder ihn zurückziehen, ohne befürchten zu müssen, daß er eine Seitenbewegung machte.

Da man ihn um eine sehr scharf gemessene und der Stärke des von der Bohle abzuschneidenden Furniers und der Stärke des Sägenblattes gleiche Größe vorgehen lassen muß, so bewirkt man diese Bewegung mittelst einer Schraube r (Fig. 4). Diese Schraube wird durch einen festen Hals auf der Platte E, am Ende des Gestelles (Figur 4) aufgehalten, darauf geht sie in eine messingene Mutter p, die unter dem Stück P' P' (vers. Figur), mittelst zweier Bolzen angebracht ist, deren Schraubengewinde man bei p' p' sieht. Der Kopf der Schraube r ist mit einem Zeiger r' versehen, welche durch einen Knopf bewegt wird und deren spitzes Ende die Theile eines befestigten Kreises r'' durchläuft. Die Schraube r muß daher sehr genau geschnitten sein und sehr enge Gewinde haben, um nicht allein sehr empfindlich zu sein, sondern auch um dem Wagen eine sehr genaue Bewegung mitzutheilen. Hat man ihm aber den Platz gegeben, den er haben soll, so muß er an demselben unveränderlich befestigt werden können. Es geschieht dieß mittelst der starken Druckschraube R' (Fig. 4 und 5), deren Kopf gegen das Querstück von PP' tritt. Die Schraube greift, wie man in Fig. 4 sieht, in ein sehr massives Querstück von Gußeisen, R'', dessen Länge gleich der innern Breite des Gestelles ist. Die breitern Enden des Querstücks R'' haben einen festen Stützpunkt an den Stücken e'', die an die Seitenplatten des Gestelles angegossen sind. Zieht man daher die Schraube R' an, so befestigt das Querstück R'' den Wagen unveränderlich.

Es bleibt uns nun noch zu betrachten übrig, wie das Holz getragen wird und wie man ihm eine aufsteigende Bewegung ertheilen kann, während der Wagen unbeweglich in der Stellung bleibt, welche ihm der Arbeiter beim Beginn des Abschneidens eines Furniers gegeben hat.

Auf den Seiten P P und P' P' des Stücks, von welchem wir reden, und zwar vorn, erheben sich senkrecht zwei Säulen Q von Gußeisen (Fig. 1, 2, 4 und 5), welche durch Schrauben, die in der Fig. 2 zu sehen, befestigt worden sind. Die Entfernung dieser Stücke von einander ist oben durch einen Bolzen q'' mit Schrauben und Gegenschrauben bestimmt. Der ganzen Länge dieser Säulen nach sind Falzen q (Fig. 1), ähnlich denen, welche das Sägengatter leiten und aus derselben Legirung bestehend, vorhanden. Zwei eichene Bohlen Q' Q', Fig. 1, 3 und 4, welche durch Querstücke verbunden sind, bilden den Rahmen, welcher das zu zerschneidende Holz trägt. Dieser Rahmen ist mit Leisten q' versehen, die in den Falzen q laufen. Das Holz kann aber nicht unmittelbar auf demselben ruhen, sondern es geschieht dieß mittelst einer Art von Rost, der aus langen Latten von Fichtenholz, S'', besteht, welche auf eichenen Querstücken S' befestigt sind, die genau gegen die Querstücke S des Rahmens Q' Q' passen und mittelst Bolzen darauf geschraubt worden sind. Die Bohle, welche in Furniere zerschnitten werden soll, wird auf die ganz ebene Oberfläche der fichtenen Latten, welche den Rost bilden, geleimt und alsdann wird dieser mittelst seiner Querstücke befestigt.

Der Rahmen Q' Q' ist mit einer Zahnstange R versehen, welche längs seiner ganzen Länge vorhanden ist und durch welchen er die Längenbewegung erhält. In die Zähne dieser Stange greifen die Zähne eines Getriebes N'' (Fi-

gur 3 und 4), so daß es hinreichend ist, dem letztern eine gewisse Geschwindigkeit zu geben, um das Holz bei jedem Sägenschnitt um die verlangte Größe in die Höhe steigen zu lassen.

Bewegung des Holzes und Arbeit der Säge. Die Bewegung des Holzes muß mehren Bedingungen unterworfen sein, die nicht immer mit der gehörigen Aufmerksamkeit berücksichtigt worden sind. Zuvörderst gehört dahin, daß das Holz während des Leerganges der Säge bewegt wird; denn wenn es gegen dieselbe stößt, während sie arbeitet, so drückt und stößt man sie in einer, auf ihre Geschwindigkeit senkrechten Richtung, welches immer nachtheilig ist, und wenn nun noch obendrein das Holz Aeste oder sonst Stellen von ungleicher Härte hat, so wird die Säge verbogen, oder es werden die Zähne zerbrochen. Ferner darf man nicht aus den Augen lassen, daß die Geschwindigkeit des Holzes im Verhältniß zu der der Säge stehen muß. Geht dieselbe in $^1/_2$ Secunde leer zurück, so muß das Holz in demselben Zeitraume empor steigen, wodurch nothwendig ein Stoß entsteht.

Was nun die Größe der dem Holze zu ertheilenden Bewegung betrifft, so hängt dieselbe von dem Lauf oder Schnitt der Säge, von der Länge der Zähne, von der Breite des Schnittes, von der Stärke des Sägenblattes und endlich von der Breite des Holzes ab; hier nehmen wir aber an, daß man ein gleichartiges Holz und eine Säge habe, deren Zähne und Verschränkung demselben angemessen sei. Man wird leicht einsehen, daß nicht alle Zähne gleiche Arbeit haben. Wir wollen annehmen, daß der Zwischenraum der Zähne 1 Centim. (4$^1/_2$ Linien) betrage, wie es gewöhnlich bei den Sägen der Furnierschneidmaschinen der Fall ist, daß das Sägenblatt 120 Centim. (3 Fuß 10 Zoll) lang sei, die Breite des Holzes aber 60 Centim. (23 Zoll) betrage. Nun arbeiten bei einem Schnitte 120 Zähne, ohne jedoch gleiche Resultate hervorzubringen, denn der erste herausgehende hat nur 1 Centimeter im Holze durchlaufen, der zweite 2 Centim. und der sechszigste 60 Centim.; es ist dieß der letzte von denen, die aus dem Holze herausgehen. Die Uebrigen bleiben in dem Holze und werden in demselben verschiedene Räume durchlaufen haben, nämlich der einundsechszigste 59 Centim., der zweiundsechszigste 58 Cent. u. s. w., bis zu dem einhundert neunzehnten, welcher nur 1 Cent. durchlaufen haben wird. Die zwischen diesen letztern sechzig Zähnen vorhandenen Sägespäne können nur beim Rückgange der Säge herausgeschafft werden. Die meiste Arbeit macht demnach der sechzigste Zahn, oder der in der Mitte des Blattes befindliche. Er muß einen Holzschnitt wegnehmen, dessen Breite die Breite des Holzes, dessen Dicke gleich der Stärke des Sägenschnittes oder der Schränkung der Zähne und dessen Höhe gleich dem sechzigsten Theil der Höhe ist, um welche das Holz emporgehoben worden war; denn auf der Seite des Austrittes mußten die ausgetretenen sechszig Zähne die ganze Höhe des Holzes wegnehmen, um welche das Holz gestiegen war, und auf der Seite des Eintrittes mußten die eingedrungenen sechszig Zähne dieselbe Holzhöhe wegnehmen.

Die Stärke des Sägenblattes beträgt im Durchschnitt $^1/_3$ Millimeter (0,13 rheinl. Linien), die Stärke des Schnittes ungefähr $^2/_3$ Millimeter. Nennt man daher h die Höhe in Centimetern, um welche das Holz jedesmal gehoben wird, so wird sich das Volum des, von den mittlern Zähnen bei einem Schnitt weggenommenen Holzes ausdrücken lassen durch

$$60 \times \frac{2}{30} \times \frac{h}{60}.$$

oder durch

$$\frac{2h}{30}.$$

Bezeichnet man mit l die Länge der Zähne in Centimetern, indem zwei Zähne 1 Centim. von einander entfernt sind und die Dicke des Sägenblattes $\frac{1}{30}$ Cent. beträgt, so wird sich der Raum zwischen zwei aufeinander folgenden Zähnen ausdrücken lassen durch

$$1 \times \frac{1}{30} \times l,$$

oder durch

$$\frac{l}{30};$$

wenn daher die Sägespäne dasselbe Volum wie das Holz hätten, so müßte man haben

$$\frac{l}{30} = \frac{2h}{30},$$

oder

$$l = 2h,$$

d. h. die Länge der Zähne müßte das Doppelte von der Höhe sein, um welche man das Holz emporsteigen läßt.

Wenn aber das Volum der Sägespäne das Fünffache von dem des Holzes beträgt, welches bei Acajou-Holz nicht weit von der Wahrheit entfernt ist, so müßte man haben

$$l = 10h,$$

d. h. bei Acajou-Holz müßte die Länge der Zähne das Zehnfache von der Höhe betragen, um welche das Holz jedesmal emporgehoben wird, wenn die Sägespäne mit Leichtigkeit zwischen den Zähnen bleiben und nicht wie ein Keil zwischen das Sägenblatt und das Holz treten sollen, wodurch die Reibung vermehrt, das Sägenblatt verbogen und erhitzt wird, kurz woraus stets Nachtheile entstehen. Wenn daher eine Säge feste Ballen von Sägespänen giebt, so kann man überzeugt sein, daß sie schlecht geht und daß man ihr im Verhältniß zu ihren Zähnen zuviel Holz vorgegeben hat.

Das angeführte Resultat kann nur in dem Falle stattfinden, in welchem die Breite des Holzes, wie wir angenommen haben, gleich dem Sägenschnitt ist.

Wenn die Breite des Holzes z. B. nur die Hälfte, ein Drittel, ein Viertel oder ein Fünftel von der Länge des Schnittes beträgt, so wird man haben:

$$l = \frac{10h}{2},\ l = \frac{10h}{3},\ l = \frac{10h}{4},\ l = \frac{10h}{5}.$$

Die Länge der Sägenzähne hängt immer von der Beschaffenheit des Stahles, aus welchem das Sägenblatt besteht, ab. Soll Acajou-Holz zu Furnieren zerschnitten werden, welches sich unter den feinern Holzarten noch mit

am besten schneiden läßt, so dürfen die Zähne nicht länger als 5 Millim. (2,3 Linien) sein. Es folgt daraus, daß die Höhe h, um welche das Holz jedesmal emporsteigen kann, bei einer der Länge des Schnittes gleichen Breite, nicht mehr als $^1/_2$ Millimet., wenn die Holzbreite die Hälfte von der Länge des Schnittes beträgt, nicht mehr als 1 Millimet. ausmachen dürfe u. s. w.

Diese Resultate sind nicht gänzlich von der Anzahl der Zähne abhängig; denn wenn man dieselbe bei gleichem Raum verdoppelte, so würden die in der Mitte vorhandenen Zähne die Hälfte des Holzvolums weniger wegnehmen, allein es würde nicht die Hälfte von dem Raume zu ihrer Aufnahme vorhanden sein, indem man die Hälfte des von den Zähnen eingenommenen Raumes abziehen müßte. Man muß daher soviel als thunlich, den gehörigen Raum zwischen den Zähnen lassen, indem man dadurch die Regelmäßigkeit und Gleichförmigkeit der Arbeit sichert und indem man alsdann nicht nöthig hat, die Zähne so oft zu schärfen, indem deren Abnutzung fast im umgekehrten Verhältniß zu ihrer Anzahl steht.

Hätte das Sägenblatt eine doppelte Stärke, so könnte man den Zähnen doch nicht eine doppelte Länge bei gleichbleibender Kraft geben, indem man alsdann das doppelte Volum der Sägespäne unterzubringen hätte. Es ist daher in dieser, so wie in allen andern Rücksichten unvortheilhaft, die Stärke des Sägenblattes größer zu machen, als nothwendig ist, um die zufälligen Widerstände, welche Aeste und andere Eigenthümlichkeiten des Holzes darbieten, zu überwinden.

Nachdem wir nun die hauptsächlichsten Ursachen angegeben haben, welche die Größe bestimmen, um welche das Holz emporgehoben werden muß, bleibt uns nun noch zu betrachten übrig, wie man dieß Emporsteigen zu bewerkstelligen hat, damit jeder Zahn die Arbeit vollbringe, die ihm nach seiner Stellung zukommt.

Da es bei den Schneidemaschinen dieser Art nothwendig ist, das Holz senkrecht emporsteigen zu lassen, so ist es begreiflich, daß die Linie, welche die Zahnspitzen der Säge bilden, keine horizontale sein darf, wenigstens wenn die Maschine, wie wir bemerkt haben, so eingerichtet ist, daß das Holz in die Höhe steigt, während die Säge leer zurückgeht. Man hebt dasjenige von den beiden Enden der Säge auf, welches zuerst arbeiten soll und zwar mehr oder minder, je nachdem das Holz mehr oder weniger breit ist und es daher auf einmal mehr oder weniger emporsteigen muß. Um ein richtiges Maaß dieser Neigung zu haben, denke man sich ein rechtwinkliges Dreieck, bestehend aus der Linie der Zähne, aus der Breite des Holzes und aus der Größe, um welche es emporsteigt. Der sehr scharfe Winkel dieses Dreiecks ist genau der Winkel, welchen die Zahnlinie mit der horizontalen der Leitung des Sägengatters macht. In der Praxis nähert man sich dieser Neigung mehr oder weniger durch ein richtiges Augenmaaß. Man hat zu dem Ende mehr oder weniger hohe Keile, von welchen man den nimmt, der am zweckmäßigsten zu sein scheint, um ihn zwischen die Stange F' der Säge und das metallene Segment g' an demjenigen von den beiden Enden einzutreiben, welches gehoben werden soll. Wenn man nun annimmt, daß die Säge am Ende ihres Schnittes und im Begriff ist, leer zurückzugehen, so fällt die schiefe Linie

der Zähne mit der Linie des Holzes, da wo sich der Schnitt endigt, zusammen, und je mehr die Säge zurückgeht, desto mehr trennt sie sich von dieser Schnittlinie, indem sie ihr ganz parallel bleibt, so daß, wenn das Holz während des Rückganges der Säge in Ruhe bliebe, es plötzlich steigen müßte, um die Schnittlinie wiederum in Berührung mit den Zähnen zu bringen, so daß, wenn die Säge wiederum vorwärts geht, alle Zähne Holz zu schneiden finden und ihre Wirkung thun würden. Man hat daher eine große Ausdehnung, um das Holz emporsteigen zu lassen; es ist hinreichend, daß es nicht schneller steigt, als die Säge sich nicht zurückzieht, es ist aber auch nicht nöthig, daß sie eben so schnell steigt, wenn sie nur ihren Punkt in dem Augenblick erreicht, in welchem die Säge wieder zu schneiden beginnt.

Man könnte aus dem Obigen folgern, daß der Mechanismus, den man bei der vorliegenden Maschine anwendet, seinen Zweck sehr gut erreicht; allein man darf nicht außer Acht lassen, daß die Säge arbeitet, während sie gestoßen wird, und daß sie beim Zuge leer zurückkehrt.

Man sieht in der Fig. 5 eine mit Gelenken versehene Stange L', welche an dem Absatz G' (Fig. 6 und 7) des einen Endes von dem Gatter angebracht worden ist. Diese hölzerne Stange ist an ihrem Ende mit einem Loch durchbohrt, in welches das rechtwinklig gebogene Ende des Hebels L (Fig. 2 und 5) so greift, daß es sich frei darin bewegen kann. Das andere Ende des Hebels L ist an eine Axe M, befestigt, die sich in zwei Hälsen drehen kann, die an einer der Säulen Q des Wagens angebracht worden sind und deren Einrichtung man aus den Fig. 2 und 3 ersieht. An dem andern Ende derselben Axe ist ein sehr kurzer Hebel l angebracht, der mit dem langen Schiebkegel l' (Fig. 5) durch ein Gelenk in Verbindung steht. Eine Feder l'' drückt den Sperrkegel in die Zähne des Schiebrades N (Fig. 2 und 4). Neben dem Schiebrade N und auf derselben Axe findet sich ein anderes Schiebrad N' mit größern Zähnen. Man kann, wenn man es für zweckmäßig erachtet, den Hebel l über das Rad N' bringen und zu gleicher Zeit den Schiebkegel l' in die Zähne dieses Rades greifen lassen, wie wir weiter unten sehen werden. Die gemeinschaftliche Welle n'' der Räder N und N' ruht auf der einen Seite auf einem gekrümmten Stück n (Fig. 4 und 5), welches mit dem Stück P P des Wagens verbunden, und auf der andern Seite auf dem Querstück n', welches zwischen den beiden Säulen Q angebracht worden ist. An diesem Ende hat die Welle ein Getriebe N'', dessen Zähne in die der Zahnstange R greifen. Wenn nun die Säge zurück geht, so wird die Stange L gegen den Wagen gezogen (Fig. 5); sie zieht den Hebel L mit sich, der nieder geht und die Welle M dreht. Zu gleicher Zeit geht der Hebel l nieder und drückt den Schiebkegel l', welcher das Rad N dreht, ebenfalls nieder. Dieses theilt seine Bewegung der Welle und dem Getriebe N'' mit, wodurch die Zahnstange und der mit derselben verbundene Wagen mit der zu zerschneidenden Bohle gehoben wird. Wird die Säge zurückgestoßen, so hebt sich der Schiebkegel l' und es muß das Rad N zurück gehalten werden, damit es sich nicht durch die Wirkung des Drucks, den die Zahnstange auf das Getriebe ausübt, in entgegengesetzter Richtung dreht. Es ist daher durch Gelenke auf einem festen

Stück m ein Sperrkegel m' (Fig. 5) angebracht, der durch sein eigenes Gewicht in die Zähne des Schiebrades greift. Will man das Schieb- oder Stoßrad N' gebrauchen, so wird der Sperrkegel zu demselben geschoben, wie es mit dem Hebel l geschieht.

Um zu erkennen, ob die aufsteigende Bewegung des Holzes auf eine zweckmäßige Weise von diesem Mechanismus ausgeführt werde, ist es hinreichend, zu bemerken, daß die gemeinschaftliche Bewegung der Zahnstange R, des Getriebes N'' und des Schiebrades N, dem von dem Hebel l beschriebenen Winkel fast proportional sei, unter der steten Voraussetzung, daß der Schiebkegel l' fast tangentiell in das Rad greift, eine Bedingung, von der man sich nie weit entfernen muß. Da aber der von dem Hebel l beschriebene Winkel stets derselbe, wie der von dem Hebel L beschriebene ist, so kommt alles darauf an, zu beobachten, wie der von dem Ende dieses Hebels beschriebene Winkel in dem Maaß zunimmt, daß die Säge zurückgeht. Nun ist es leicht einzusehen, daß während die Säge von K auf G' (Fig. 5) zurückkommt, das Ende des Hebels L nur von Zz herabgeht, während sie in der Zeit, in welcher die Säge, von G' nach K' gehend und den übrigen Theil des Leerganges vollendend, von zZ' herabgeht. Folglich steigt das Holz sehr langsam empor, wenn die Säge den Rückgang zu machen beginnt und steigt immer geschwinder, in dem Maaß, daß sie mehr zurückgeht. Dieser Mechanismus erfüllt daher vollkommen seinen Zweck. Es kann nur bemerkt werden, daß der Zug, den die Stange L ausüben muß, um den Hebel L' zum Niedergange zu zwingen und um den Rahmen, welcher das Holz trägt, mit seinem ganzen Gewicht zu heben, nach den Dimensionen des Hebels, ungefähr der hundertste Theil von diesem Gewicht ist. Da nun im Anfang dieser Zug gegen die Richtung des Rahmens sehr schief erfolgt, so entsteht daraus ein Druck auf die Leisten, der eine nicht unbedeutende Reibung veranlaßt. Man kann jedoch diese nachtheilige Wirkung dadurch etwas verbessern, daß man die Einrichtung trifft, den Schiebkegel erst in dem Augenblicke auf das Rad drücken zu lassen, in welchem die Säge schon einen mehr oder weniger großen Theil ihres Rückganges gemacht hat. Noch mehr könnte man den Nachtheil verbessern, wenn man auf die Schwungradwelle eine excentrische Scheibe anbringt und mit derselben eine lange Stange verbindet, welche auf das Zahnrad N', entweder unmittelbar, oder mittelst einer Verbindung von Hebeln wirkt.

Wollte man aber, gegen die Grundsätze, von denen wir geredet haben, durchaus das Holz in der Zeit emporsteigen lassen, in welcher die Säge wirkt, so kann man nicht, wie es einige Mechaniker thun, den in unsern Abbildungen dargestellten Mechanismus anwenden; es entsteht daraus noch ein anderer Nachtheil, außer dem Verbiegen der Säge und den Stößen gegen dieselbe. Wären die Zähne der Säge in Fig. 5 so geschärft, um zu arbeiten, während die Säge von der Seite des Schwungrades gezogen wird, so würde sie während der ersten Hälfte ihres Laufs fast gar nichts zu thun finden, da das Holz in dieser ersten Periode nur sehr wenig steigt. Dagegen würde die Säge in dem zweiten Zeitraume, während sie von G' nach K' geht, zuviel zu thun finden, weil das Holz in diesem Zeitraum viel steigt. Daher würden die Zähne, wenn die Säge am meisten Kraft hätte, am wenigsten zu schneiden haben, denn die Kraft der Säge von K nach G' ist bedeutender, als von G' nach K'. Eine solche Einrichtung der Schneidmaschine ist daher, von allen Seiten betrachtet, nachtheilig, und Maschinen, welche dieselbe angenommen haben, sind schlecht und können nur in einem schlechten Betriebe sein.

Die Zähne des Rades N haben an der Peripherie ein jeder eine Länge von 6,56 Millimeter (3 Linien), die dem Rade N' entsprechenden eine Länge von 8,60 Mill. (4 Linien). Der Durchmesser des Getriebes N'' beträgt $^1/_8$ von denen der Räder N und N'. Bedient man sich daher des erstern, so steigt das Holz bei jedem Stoß um 0,82 Millimeter (ungefähr $^3/_8$ Linien) und bei der zweiten bei jedem Stoß um 1,08 Millim. ($^1/_2$ Linie) empor. Nimmt man nun an, daß die Säge 180 Schnitte in 1 Minute macht, so sieht man, daß das Holz emporsteigt:

Im ersten Falle um $180 \times 0,82 = 147,6$ Millimeter (5 Zoll $9^1/_2$ Linien) in einer Minute und um 8,856 Meter (28 Fuß $2^2/_3$ Zoll) in 1 Stunde.

Im zweiten Falle um $180 \times 1,08 = 194,4$ Millimeter (7 Zoll 7 Linien) in 1 Minute und um 11,664 Meter (37 Fuß 2 Zoll 1,7 Linie) in einer Stunde.

Nimmt man nun ferner an, daß die Länge der Säge 120 Centimet., und die Breite des Holzes, im Maximum 60 Centimeter betrage, so sieht man, daß die in 1 Stunde geschnittene Oberfläche ist:

In dem ersten Fall 5,3 Quadratmeter.

In dem zweiten Fall 7 Quadratmeter.

Zu diesem Arbeitsquantum ist ungefähr eine Kraft von $^2/_3$ Pferden erforderlich, denn das Schiebrad mit den großen Rädern nimmt man nur zum Schneiden von schmälern Furnieren.

Mittel, die Säge zu unterstützen und die Schwingungen des Holzes zu verhindern. — So stark die Säge auch angespannt ist und so gut die Kappe auch angebracht sein möge, damit die Spannung auf der Zahnlinie sich möglichst gleich ist, so kann man sie doch nicht auf ihrer ganzen Länge sich selbst überlassen, da das Blatt kaum $^2/_3$ Millimeter oder $^3/_{11}$ Linien Stärke hat, weßhalb es die große Geschwindigkeit, die man ihm ertheilen muß, nicht ohne Schwanken ertragen können würde. Außerdem muß man noch eine andere unerläßliche Vorsichtsmaßregel ergreifen, nämlich die kleinen Schwingungen und Verrückungen zu verhindern, welche das Holz, wegen seiner Elasticität, an dem Angriffspunkt der Zähne der Säge erleiden muß. Um diesen doppelten Zweck zu erreichen, befestigt man zuvörderst an das Gestell der Säge, auf der Seite des Wagens mit Schrauben, ein gußeisernes Support T, Fig. 9, welches eben so lang als der Wagen breit ist. An den beiden Enden hat das Support Ohren oder Lappen t, t (Fig. 1), die senkrecht in die Höhe stehen, und an diese Lappen befestigt man mittelst der Schrauben yy das Messer Y, welches man in Fig. 9 im Durchschnitt sieht. In der Nähe der Enden, wo es die Schraubenbolzen aufnimmt, hat das Messer eine rechteckige Gestalt, wie die punktirten Linien (Fig. 4) andeuten, zwischen diesen beiden Punkten aber ist es mit einer Schneide zugeschärft, wie man aus dem Durchschnitt, Fig. 9, ersieht.

Man befestigt es in einer solchen Höhe, daß seine Schneide etwas höher als die Wurzel der Zähne steht, so daß es das Sägenblatt fast in seiner ganzen Höhe und auf eine Länge unterstützt, die immer etwas bedeutender, als die Breite des Holzes ist, indem dieselbe stets zwischen den Ohren t, t begriffen sein muß. Zuweilen bringt man noch an den Enden des Messers Stücke u, u an, welche mit 4 Schrauben versehen sind, mittelst deren man sie in einer gehörigen Entfernung von dem Messer erhält, damit sich die Säge in dem Zwischenraum frei bewegt. Jedoch sind diese Stücke kaum erforderlich, wenn die Säge gehörig gespannt und das Messer sich vollkommen an das Sägenblatt legt. Das Stück X (Battoir) ist auch an dem Support T angebracht, allein an dem obern und flachen Theil desselben und in dem Zwischenraum zwischen den beiden Lappen tt. Da es nur aus einem etwas starken, gußeisernen Blatte besteht, so ist es hinreichend, länglich viereckige Oeffnungen in der Quere darin anzubringen, die Schrauben aufnehmen, mittelst deren man es auf dem Support fest hält, nachdem man ihm seine eigentliche Stellung gegeben, d. h. nachdem man seinen vordern Rand dicht an das Holz gebracht hat, so daß es einen zweckmäßigen Druck auf dasselbe ausübt. Ist es einmal befestigt, so bleibt es so lange in dieser Lage, als man Furniere von derselben Stärke schneiden will. Sollen dieselben stärker werden, so muß man es zurückziehen und dagegen vorrücken, wenn man dünnere Furniere zu schneiden beabsichtigt Man sieht in Fig. 4, daß der Rand des Stücks X etwas unterhalb der Spitzen von den Sägenzähnen gegen das Holz drückt. Da es von Wichtigkeit ist, es so gegen das Holz treten zu lassen, daß es einen hinlänglichen, aber keinen zu starken Druck ausübt, um die emporsteigende Bewegung des Holzes nicht zu hindern, so hat man noch ein Mittel angebracht, den Druck zu reguliren. Zu dem Ende sind in dem Stück X (Fig. 9 bis 12) zwei quadratische Oeffnungen angebracht, durch deren Scheidewand eine Schraube x′ geht, deren Kopf und Ende gegen die beiden Seiten der Oeffnung treten. Da nun das Stück X mittelst der Scheidewand mit dem Support in Verbindung steht, so braucht man nur die Schraube vor oder rückwärts zu drehen, um das Stück X mehr oder weniger gegen das Holz drücken zu lassen. (Herr Karmarsch beschreibt in Prechtl's Encykl. VI, 318 ꝛc. eine ebenfalls nach Cochot's Prinzip construirte Furnierschneidmaschine.)

Kreisförmige Sägen (Circular saws, engl., Scies circulaires, fr.), welche überhaupt dadurch, daß sie bei ihrer Umdrehung ohne Unterbrechung schneiden, einen großen Vorzug in der Schnelligkeit der Arbeit haben und von denen wir weiter unten noch mehr reden werden, können auch mit Nutzen zum Schneiden von Furnieren angewendet werden. Als ein Muster einer solchen Einrichtung kann die von Brunel in England ausgeführte Furnierschneidmaschine gelten, von welcher Fig. 5, Taf. XXXIV, der Aufriß ist. Die Säge wird durch ein gußeisernes, ungefähr 18 Fuß im Durchmesser haltendes Rad A gebildet, dessen Arme oder Speichen schräg stehen, so daß das Ganze die Form eines sehr flachen Kegels erhält. An dem Umkreise des Rades sind acht gezahnte Segmente von Stahlblech aufgenietet, welche zusammen die Kreissäge darstellen und alle genau in einer vertikalen Ebene sich befinden, über

welche die Axe des Rades nicht vorspringt. B ist die Axe von Gußeisen, vollkommen horizontal liegend, und in messingenen Lagern des gußeisernen Gestelles F laufend. Sie erhält ihre Bewegung von der Triebkraft mittelst der Riemenrolle C, welche durch einen Hebel D ein- und ausgerückt wird, je nachdem man die Maschine in Gang setzen oder zum Stillstehen bringen will.

G ist der ganz aus Gußeisen bestehende Wagen, auf welchem das zu zersägende Holz der Säge entgegengeführt wird. Die Bohle oder der Block geht dabei an der vertikalen Ebene der Säge hin. Das abgeschnittene Furnier dagegen krümmt sich an der konischen Seite des Rades A und gelangt durch die zur Leitung dienende bogenförmige Furche cde, auf der Kante stehend, heraus, wobei ihre senkrechte Fortschiebung in der Furche durch die senkrechte Walze f erleichtert wird. Der Wagen G besteht aus zwei aufeinander liegenden Rahmen hi, lm, wovon der erstere auf zwei eisernen Geleisen in einer Richtung beweglich ist, welche parallel mit der Fläche der Säge läuft. Das der Säge am nächsten liegende Geleise hat oben eine scharfe Kante, um den Wagen in seiner Richtung zu erhalten und den darauf fallenden Sägespänen keinen Aufenthalt zu gewähren. Die obere Fläche des andern Geleises ist platt, weil die Sägespäne nicht bis dahin gelangen, und der Wagen läuft darauf mittelst Frictionswalzen. Die ununterbrochen fortschreitende Bewegung des Wagens gegen die Säge, wird durch eine Zahnstange I bewirkt, welche in der Mitte des Rahmens hi, mit abwärts gekehrten Zähnen, angebracht ist. In diese Zahnstange greift zu dem Behufe ein Rad K, welches seine Umdrehung von der Axe B, mittelst der Seilrolle und eines zwischenliegenden (in der Abbildung nicht angegebenen) Räderwerks empfängt. Damit man im Stande sei, die Geschwindigkeit des Wagens nach Erforderniß abzuändern, besitzt die Seilrolle mehre Rinnen von verschiedenem Durchmesser.

Der zweite Rahmen, lm, des Wagens hat zwei Zwecke zu erfüllen: erstens das Holz festzuhalten, und zweitens dasselbe parallel mit sich selbst vorzurücken, so wie nach und nach die Furniere davon abgeschnitten werden. Zu ersterm Behuf dienen die Druckschrauben M, M, M, M, deren Muttern nach verschiedener Breite (oder Höhe) des Holzes, höher oder tiefer in viereckigten Löchern des aufrechten Rahmentheils befestigt werden. Zur Vorrückung des Holzes nach der Quere des Wagens sind die beiden Schrauben O, O bestimmt, welche zu gleicher Zeit mittelst der Axe P und ihrer endlosen Schrauben umgedreht werden. Der obere Rahmen lm gleitet dabei in schwalbenschwanzförmigen Nuthen r, r rechtwinklig zu seinen langen Seiten fort. Ein eingetheilter Kreis und ein Zeiger in der Nähe der Kurbel der Axe P dienen dazu, diese Bewegung, von welcher die Dicke der Furniere abhängt, so genau und regelmäßig als möglich zu bewerkstelligen.

Von Anfang der Arbeit müssen die gezahnten Segmente, aus denen die Säge zusammengesetzt ist, sehr genau in die gleiche vertikale Ebene gebracht werden. Man befestigt zu dem Ende zu beiden Seiten der Säge flache Stücke von Sandstein und läßt die Säge in verkehrter Richtung an denselben laufen, bis sie sich gehörig abgeschliffen hat; dann werden die Zähne wie gewöhnlich ausgesetzt oder geschränkt, und der Gebrauch der Maschine kann seinen Anfang nehmen,

nachdem durch die Schrauben O, O das Holz so gestellt ist, daß ein Blatt von gehöriger Dicke davon abgeschnitten wird. Der Wagen geht nun mittelst seiner Zahnstange I allmählig gegen die Säge hin. Er wird, sobald die ganze Länge des Holzes durchschnitten ist, aus freier Hand wieder zurück geführt; man rückt mittelst der Schrauben O, O das Holz um eine Furnierdicke vor, und läßt die Maschine von Neuem in Gang kommen. (Prechtl's technol. Encyklopädie, VI, S. 323 ꝛc.)

Ehe wir jedoch zu der Beschreibung einiger andern Arten von Sägemühlen übergehen, wollen wir erst noch einige kurze Bemerkungen über das Schneiden der Furniere, ohne Anwendung von Sägen, machen, indem man den Abfall, welcher beim Sägen an Spänen entsteht, dadurch zu vermeiden gesucht hat, daß man das Holz durch Hobeln in dünne Blätter zu zertheilen sich bestrebte. Ein Verfahren dieser Art ist schon lange im Gebrauch, um aus Rothbuchen- und Fichtenholz die dünnen, furnierartigen Späne zu erzeugen, welche von Buchbindern, Schuhmachern u. s. w. angewendet werden. Eine Art von großem Hobel, dessen messerförmiges Eisen fast horizontal liegt, und so breit ist, als das zu bearbeitende Holz, wird mittelst eines Seiles oder dergleichen, durch Menschen- oder Wasserkraft längs des Holzstückes fortgezogen und stößt ein Blatt desselben ab. Diese Wirkung ist mehr die Folge eines Spaltens, als eines wirklichen Schneidens, und man muß deshalb die schlichtesten, ganz astlosen Holzstücke auswählen. Zur Darstellung eigentlicher Furniere, wobei gerade vorzugsweise krummfasrige Hölzer in Arbeit genommen werden, ist die Ausführung dieser Methode mit Schwierigkeiten verbunden, weshalb auch die Versuche dieser Art keinen rechten Fortgang gehabt haben. Die Verfertigung der Buchen- und Fichten-Späne ist in den Jahrbüchern des polytechn. Instituts, XI, S. 353 ꝛc., beschrieben.

Ein anderer, sehr sinnreich angelegter, aber in der Praxis nicht bewährter Versuch, ganz dünne Furniere ohne Holzabfälle darzustellen, besteht darin, sie mit dem Messer zu schneiden. Einem sich langsam um seine Axe drehenden Holzcylinder wird ein Messer entgegengestellt, welches so lang ist, als der Cylinder, und stets gegen dessen Umkreis gepreßt bleibt. Es erfolgt unter diesen Umständen gleichsam ein Abschälen des Cylinders in einer Spirallinie, welche von dem ursprünglichen Umkreise nach dem Mittelpunkte oder der Axe hin fortschreitet. Die Maschine findet man beschrieben und abgebildet in den Jahrbüchern des polytechn. Instituts, III, 309 ꝛc.

Obwohl, wie wir schon weiter oben bemerkten, kreisförmige Sägen von großen Dimensionen nur wenig, und wie wir ebenfalls schon weiter oben bemerkten, nur zum Furnierschneiden angewendet werden, so stehen dagegen kleinere Kreissägen, besonders in großen Werkstätten, in sehr häufigem Gebrauch. Das Sägenblatt ist auf einer Welle befestigt und wird durch ein Band mit großer Geschwindigkeit umgedreht. Das Holz, welches man der Säge vorhält, wird durch ihre unaufhörliche Bewegung zerschnitten, und indem dabei eine bei weitem größere Geschwindigkeit angewendet werden kann, als mit irgend einer hin- und hergehenden Maschine zu erlangen ist, so sind die Leistungen der Kreissägen sehr bedeutend, welches aber nicht allein von der Geschwindigkeit, sondern daher rührt, weil letztere in steter Wirkung, die hin- und hergehenden es aber nur in einer Richtung sind und die Zeit des leeren Rückganges der Säge daher gänzlich verloren geht. Diese aus der kreisförmigen Beschaffenheit der Säge entstehenden Vortheile, sind sich überall gleich, der Durchmesser mag sein, welcher er wolle; allein bei den großen Sägen zeigen sich einige practische Schwierigkeiten; wie z. B. die Ersetzung der stumpf gewordenen Sägen durch scharfe, welches bei den Kreissägen bei weitem häufiger erforderlich ist, als bei geraden, und andere ähnliche Nachtheile, welche ihren Werth sehr vermindern.

Wir lernten die allgemeine Einrichtung der Kreissägen durch die weiter oben beschriebene Furnierschneidmaschine kennen. Sehr vollkommen und sinnreich eingerichtete Kreissägen von Brunel's Construction finden sich zu Portsmouth in England, in einer Fabrik, wo Flaschenzüge für die Schiffe angefertigt werden.* Diese Sägen zerschneiden die Ulmenbäume in die gehörig großen Stücken, aus denen dann die Gehäuse oder Kloben gemacht werden. Man wendet zu diesem Zerschneiden der Bäume in der Querrichtung zweierlei Arten von Sägemaschinen an, deren eine eine gerade, und die andere ein kreisförmiges Sägenblatt hat.

Der Baum, welcher der Wirkung der geraden, hin- und hergehenden Säge unterworfen wird, liegt auf einem langen Gerüst oder auf einer langen Bank, die etwas über dem Boden des Maschinengebäudes hervorsteht. Am Ende der Bank ist ein Gerüst angebracht, welches aus senkrechten Säulen mit einem Querbalken besteht. Durch dieses Gerüst wird das Ende des Baums mittelst einer Winde gezogen, die in der Mitte des Raums arbeitet und deren senkrechte Welle durch eine Dampfmaschine bewegt wird. Das Ende des Baumes tritt um so viel vor dem Gerüst vor, als von demselben abgeschnitten werden soll. Er wird mittelst eines Hebels, der auf ihn drückt, nieder und fest gehalten, so daß er nicht seitwärts rollen kann.

Die Säge ist ein gerades, in einem hölzernen Rahmen eingespanntes Blatt. Das eine Ende des Rahmens ist durch ein Gelenk mit dem obersten Ende eines Hebels verbunden, der rechtwinklig gebogen ist und dessen Mittelpunkt unter dem Boden liegt. Der horizontale Hebelarm ist mittelst einer Stange mit der Kurbel am Ende einer Welle, unter der Decke des Maschinengebäudes verbunden, und die Bewegung dieser Welle ist durch ein Schwungrad regulirt. Auf diese Weise erhält die Säge eine hin- und hergehende Bewegung von der Rechten zur Linken, in einer fast horizontalen Richtung, genau quer durch den zu zerschneidenden Klotz, und gleicht in ihrer Wirkung und Einrichtung den Sägen, welche in den gewöhnlichen Sägemühlen zum Abschneiden des rauhen Endes von den Blöchen angewendet werden. Die Zähne sind an der untern Seite des Sägenblattes vorhanden, welches durch sein eigenes Gewicht wirkt. Um die Säge zu Anfang des Schnittes zu leiten, geht ihr hinteres Ende durch den Sägenschnitt in einem Brette, welches an dem Gerüst über der Säge angebracht worden ist, aber hoch und niedrig gestellt werden kann, je nachdem der Klotz mehr oder weniger stark ist. Sobald die Säge tiefer in den Klotz eingedrungen ist, so verläßt sie

* Barlow, S. 384.

das leitende Brett, weil sie alsdann nicht mehr von ihrer Bahn abweichen kann, welches bei einem quer zu durchschneidenden Baum nicht möglich ist.

Die kreisförmige Säge, welche zu demselben Zweck wie die obige angewendet wird, ist von neuerer Construction. Die Spindel ist so eingerichtet, daß sie sich in jeder Richtung parallel mit sich selbst bewegen kann, wobei die Säge in derselben Ebene bleibt. Auf diese Weise kann sie an jedem Punkte angewendet werden und man ist im Stande, Bäume mit derselben zu durchschneiden, die weit größer sind, als außerdem mit solch einer Säge zu zerschneiden sein würden. Außerdem arbeitet die Kreissäge schneller und genauer als die gerade, und man giebt ihr daher in allen Fällen den Vorzug, wo nicht die Stärke des Baumes ihre Anwendung hindert.

Fig. 3 und 4, Taf. XXXVII, ist eine Seiten- und eine vordere Ansicht dieser Maschine. A A ist der Baum, welcher in einer Querrichtung zerschnitten werden soll; er ruht auf einem hölzernen Gerüst B. Mitten durch dieses Lager geht ein Querschwell C von starkem Holze, in welchem zwei Säulen R und S eingezapft sind. Zwischen denselben liegt der zu zerschneidende Klotz auf einer Bank. Seine Befestigung wird mittelst eines Hebels D bewirkt, dessen Ende einen Bolzen aufnimmt, der in einem Loche in der Säule S des Gerüstes steckt, um als Stützpunkt zu dienen. Das andere Ende dagegen geht zwischen der vordern Seite der Säule R und einem Stück Holz a durch, das mittelst Bolzen an derselben befestigt ist. Um nun den Hebel fest auf dem Klotz nieder zu halten, geht ein Bolzen über ihn weg, der in Löchern steckt, die in dem Stück a und in der Säule befindlich sind. Das andere Ende des Hebels wird auf gleiche Weise an der Säule S niedergehalten, so daß der Klotz in einer unverrückbaren Lage befindlich ist.

Die Walze oder Winde T dient dazu, den Baum auf der Bank vorwärts zu bringen. Sie wird mittelst des Hebels E gedreht, welcher mit einem kleinen Schiebkegel versehen ist, der in das Schiebrad b greift, welches fest an dem Zapfen der Winde sitzt. Der Hebel wird wie ein Pumpenschwengel bewegt und dreht die Walze bei jedem Zuge um wenige Zähne des Schiebrades und zieht auf diese Weise, mittelst eines um die Walze gewickelten Seiles, den Baum in die Höhe. Das Rad ist mit einem Sperrkegel d versehen, welcher seine Zähne aufhält und den Rückgang der Walze verhindert, nachdem sie durch den Hebel vorwärts bewegt worden ist. Das hölzerne Gerüst oder die Bank B setzt sich vor dem Theil S noch fort, um ein Lager für den Holzklotz zu bilden, welcher abgeschnitten worden ist. Es ist mit einem Querstück f versehen, welches auf jenem festgeschroben worden und das als ein Ruhepunkt für das Ende des Baums dient. Das Stück ist verschiebbar und dient zur Messung des abzuschneidenden Stücks. Zwischen dem vorspringenden Theil F und der Bank B bleibt ein Raum, in welchem die Säge laufen kann, wenn sie den Klotz zerschnitten hat.

Die in den Figuren mit G bezeichnete Säge ist an dem Ende einer Spindel g befestigt, die in einem Rahmen liegt, der aus zwei Bäumen H H besteht, welche mit Querstücken IIKL verbunden und durch die diagonalen Stangen e e verstärkt sind. Das obere Querstück besteht aus

Eisen und seine Enden sind mit denen eines Rahmens MM verbunden, welcher wie der Wagebalken einer Ziehbrücke ins Gleichgewicht gebracht ist und daher in zwei Zapfen ruht, deren Stützpunkte das feste Gerüst der Maschine ist. Dieses besteht aus zwei Säulen N N, die sich vom Boden bis zur Decke ausdehnen und die durch einen Querriegel O mit einander verbunden sind. Auf diese Weise kann die Säge nach Belieben in jeder Richtung bewegt werden, behält aber immer ihren Parallelismus bei. Die Säge erlangt ihre drehende Bewegung von der bewegenden Kraft, mittelst eines Bandes h, welches über die Rolle i geht, die man in Fig. 4 sieht, und die in einer Oeffnung des eisernen Querstücks L von dem Gerüst H hängt. Die Rolle hat eine kurze Welle, die genau in derselben Linie mit der Verbindung der beiden Rahmen MM und H liegt. An derselben Welle sitzt eine andere Rolle k, welche mittelst eines Bandes eine Rolle auf der Sägewelle bewegt. Zwei kleine Räder mm sind mit dem Rahmen H verbunden und dienen zur Leitung des Bandes, welches, wenn es erforderlich ist, straff gemacht werden kann. nn sind Rollen, welche die Leitung des Bandes h h zum Zweck haben. Zwei derselben sind in der Nähe des Bewegungsmittelpunktes von dem Rahmen M, M, angebracht, damit die Spannung des Bandes nicht wesentlich von der Veränderung der Stellung der Säge angegriffen wird. Der Maschinenwärter regiert die Maschine mittelst der beiden Kurbeln V und W; die letztere derselben sitzt am Ende der Axe w, auf der zwei Getriebe vorhanden sind, welche in Zahnstangen am Ende der beiden hölzernen Stangen QQ greifen. Diese Stangen sind mit dem Ende des großen Rahmens MM, mittelst der Gewinde verbunden, welche die beiden Rahmen vereinigen; so daß, wenn man die Kurbel W nach einer Richtung dreht, sie die Säge heben, und sie senken, wenn die Drehung in der entgegengesetzten Richtung erfolgt. Auf eine ähnliche Weise bewegt die Kurbel V die Welle v, und ein an derselben befestigtes Getriebe greift in Zahnstangen an den Enden der beiden Stangen XX, welche mit dem hängenden Rahmen H verbunden sind. Auf diese Weise kann die Stellung der Säge im Verhältniß zu dem zu zerschneidenden Holze horizontal und vertikal verändert werden. Die beiden Rahmen H und M sind durch die Stangen QQ und XX sehr verstärkt; denn da diese beiden Getriebe gleich auf die Stangen wirken und demnach beide Seiten des Rahmens gleich bewegen, so verhindern sie ein Drehen derselben, indem dadurch eine Abweichung von dem Parallelismus veranlaßt werden würde. Um jedoch diese Wirkung auf eine vollkommene Weise hervorzubringen, ist es übrigens nothwendig, daß Getriebe und Zahnstangen sehr genau in einander greifen. Die Walzen yy sind in einem Theil desselben Rahmens angebracht, in welchem die Welle v ihre Lager hat; sie drücken gegen die hintere Seite der Zahnstange und erhalten diese stets in genauem Eingriff mit dem Getriebe. Auch gegen die Stangen QQ drücken ähnliche Walzen, so daß die Getriebe in stetem, richtigem Eingriffe mit den Zahnstangen stehen, obgleich die Stangen nothwendig ihre Stellung verändern.

Mittelst dieses sinnreichen Mechanismus kann eine Kreissäge einen Klotz durchschneiden, der fast ihrem Durchmesser gleich ist und zwar mit einer Schnelligkeit, die mit einer hin- und hergehenden Säge nie erreicht werden kann. Wenn

die Säge stumpf ist, so kann sie ohne große Schwierigkeiten mit einer scharfen vertauscht werden.

Wir wollen nun noch einige Bemerkungen über die Sägemaschinen machen, mit denen das Franzosen- oder Guajac-Holz (Lignum vitae) zu den Rollen der Flaschenzüge zerschnitten wird, wozu eine mit gerader und eine mit kreisförmiger Säge angewendet wird. Sie sind nicht sehr wesentlich von den beschriebenen und nur wegen der großen Härte und wegen der verschiedenen Stärke des Holzes in einigen Theilen der Maschine verschieden, welche Verschiedenheiten wir in dem Folgenden nachweisen wollen.

Die gerade Säge ist in einem hölzernen Rahmen eingespannt, denn wegen der Härte des Holzes ist ein weit dünneres Sägenblatt mit feinern Zähnen erforderlich, welches ohne Rahmen nicht angewendet werden kann. Das zu durchschneidende Holz liegt horizontal und wird von einer Vorrichtung gehalten, die Aehnlichkeit mit einem großen Schraubstocke hat. Dieser wird durch zwei Schrauben geöffnet und geschlossen, die beide zu gleicher Zeit mittelst Zahnrädern bewegt werden, um ein paralleles Oeffnen und Schließen der beiden Backen zu veranlassen. Da diese Maschine dazu angewendet wird, um die Enden der Bäume in die gehörigen Dicken zu den Rollen zu zerschneiden, so ist der Schraubstock, welcher den Baum hält, mit einer Schraube versehen, die jedesmal, wenn eine Rolle abgeschnitten ist, das Ganze um eine gehörige Größe vorrückt. Der Schraubstock steht auf besondern Schiebern, die genau parallel sind, damit die abgeschnittenen Stücke parallele Seiten haben. Diese Maschine mit gerader, hin- und hergehender Säge wird nur zum Zerschneiden der stärksten Bäume des Franzosenholzes angewendet, indem die schwächern durch eine Zirkelsäge von sehr sinnreicher und sonderbarer Construction zerschnitten werden.

Von den Kreissägen zum Zerschneiden der Ulmen sind sie in so fern verschieden, daß sie nur in einer Richtung auf den Baum wirken können. Zu gleicher Zeit wird aber auch der Baum um seine Axe gedreht, so daß er jeden Punkt seiner Peripherie der Einwirkung der Säge unterwirft. Die Säge kann daher einen Baum durchschneiden, der fast von gleicher Stärke mit ihrem Durchmesser ist. Die Einrichtung der Maschine ist die folgende.

Die Spindel oder Axe der Kreissäge ist in einem eisernen Rahmen angebracht, der sich wie der Flügel einer Thüre um eine feste senkrechte Axe dreht. Da die Spindel der Säge senkrecht steht, so ist die Säge selbst horizontal und ihr Mittelpunkt beschreibt einen Kreisbogen, wenn der Rahmen um seinen Bewegungsmittelpunkt gedrehet wird, bleibt aber in derselben Ebene. Die Säge wird, wie andere Maschinen derselben Art, durch ein Band ohne Ende bewegt, welches über Rollen geleitet wird, die an einer Axe sitzen, welche concentrisch mit der Bewegungsaxe des Sägenrahmens ist. Durch diese Einrichtung hat das Band denselben Grad der Spannung in allen Stellungen der Säge. Die senkrechte Axe des Sägenrahmens läuft in einem Gerüst, welches mit senkrechten eisernen Säulen in Verbindung steht, die vom Boden bis zu der Decke reichen. Der Baum, welcher vorher in Klötze von 2 bis 2½ Fuß

Länge zerschnitten ist, wird in eine Klammer am obern Ende einer senkrechten Spindel befestigt, die in einer Pfanne, in der Mitte eines Querbalkens steht, welcher sich zwischen zwei senkrechten Säulen bewegt. Dieser Querbalken ist mit einem andern verbunden, der sich ebenfalls zwischen zwei senkrechten Säulen auf- und niederbewegen kann, und sie bilden daher zusammen einen großen Rahmen, der mittelst einer Schraube gehoben und gesenkt werden kann. Diese Schraube greift in eine Mutter, die in dem obern Querbalken befindlich ist. Das untere Ende der Schraube ruht in einer Spur in der Mitte eines festen Querbalkens, der von einer Säule zur andern reicht und der zwei Löcher für die eisernen Stangen hat, welche die beiden Seiten des Rahmens bilden und durch welche sie beim Steigen und Fallen gehen. Die Klammer am obern Ende der Spindel hat zwei Backen, mittelst deren sie Bäume von verschiedenen Dimensionen halten kann und die so eingerichtet sind, daß sie die Bäume fast immer central mit der senkrechten Axe halten. Der senkrechten Spindel wird mittelst eines Zahnrades, welches in einer Vertiefung in einer eisernen Platte, die die Basis der beiden Säulen bildet, angebracht worden ist, eine drehende Bewegung ertheilt. Das untere Ende der senkrechten Welle ist quadratisch und geht durch eine quadratische Oeffnung im Mittelpunkte des Rades, und auf diese Weise dreht sich die Welle, die Erhebung der Klammer mag sein, welche sie wolle.

Soll nun ein Stück Holz durchgeschnitten werden, so wird es an das obere Ende der senkrechten Welle befestigt und durch Drehen der großen Schraube so gehoben, daß die Säge dem abzuschneidenden Theile des Baumes gegenüber liegt. Die Säge ist in beständiger, drehender Bewegung und der Maschinenwärter drückt sie mittelst eines, an dem Sägenrahmen befindlichen Hebels gegen das Holz, welches sehr schnell durchschnitten wird. Zu gleicher Zeit dreht der Arbeiter die senkrechte Welle mittelst einer Schraube ohne Ende, die in das Rad greift, um, so daß alle Theile von der Peripherie des Baumes nach einander der Einwirkung der Säge unterworfen werden, die auf diese Weise einen Baum durchschneidet, der fast doppelt so stark ist als ihr Halbmesser, und wegen ihrer Umdrehung in einer vollkommenen Ebene, wird jedes Stück durchaus eine gleiche Stärke haben. Wenn nun das Stück abgeschnitten ist, so schiebt der Arbeiter die Säge aus dem im Holze gemachten Schnitte heraus und dreht die Schraube mittelst einer durch ihren Kopf gehenden Stange, um den Rahmen mit der Spindel und dem Baume die gehörige Quantität zu heben und um solche Stärke davon abzuschneiden, wie die Rolle sie haben soll. Diese Stärke wird durch die Schraube gemessen, die mit einem Sperrrade und Sperrkegel versehen ist, um den Rückgang zu verhindern, welches sonst das Gewicht des eisernen Rahmens und der Welle veranlassen würden. Der Arbeiter zählt die Anzahl der Zähne, über welche der Sperrkegel weggeht, und nimmt es als Maaß der Erhebung des Holzes an. Auf diese Weise geht die Operation mit großer Schnelligkeit vorwärts, bis daß das ganze Stück Holz zerschnitten ist, worauf der Arbeiter den Sperrkegel löst und die Klammer zur Aufnahme eines andern Stückes Holz niedergehen läßt.

Anhang.

Marmor-Säge- und Schleif-Maschine.

Die zum Zerschneiden von Stein angewendeten Sägen unterscheiden sich von den auf Holz benutzten dadurch, daß sie keine Zähne haben. Ihre Wirkung ist daher eigentlich nicht die, den Stein zu zerschneiden, sondern die Theilchen des Materials, auf welches sie durch Reibung wirken, zu trennen. Ihre Wirkung wird durch Hinzuthun von Sand und Wasser, welches den Stein erweicht und eine schnellere Trennung der Theilchen veranlaßt, außerordentlich vermehrt. Die Beschaffenheit des angewendeten Sandes ist nach der Beschaffenheit und Härte des zu zerschneidenden Steins verschieden. Zu hartem Stein nimmt man feinen Sand, zu weicherm gröbern und schärfern. Der Sand muß gut gereinigt, um frei von allen fremdartigen Materien, und so gesiebt sein, daß keine von den Theilchen eine gewisse Größe überschreiten, welche, wie bereits bemerkt, nach der Beschaffenheit des Steins verschieden ist. Sehr wesentlich und sehr zu berücksichtigen ist die vollkommene Reinheit des Sandes; denn wenn zwischen demselben ein kleines Stückchen Holz oder ein so grobes Korn vorhanden ist, daß es nicht in den Stein eindringen kann, sondern über denselben wegrollt, so wird dadurch die Wirkung der Säge aufgehoben, und wenn solch ein Hinderniß erst in den, von der Säge gemachten Spalt gelangt ist, so läßt es sich nur sehr schwierig entfernen.

Das Zersägen von Steinen mittelst Handsägen, wie es noch häufig angewendet wird, dessen Beschreibung aber hierher nicht gehört, ist ein sehr langsames, daher kostspieliges und sehr unsicheres Verfahren. Man wendet daher weit zweckmäßiger Steinsägemühlen (Marmormühlen) dazu an. — Die Sägen sind dabei in einem starken, horizontalen Rahmen ausgespannt, der eine horizontale, hin- und hergehende Bewegung von Wasser- oder Dampfkraft erhält. In dem Rahmen kann jede beliebige, nach der Anzahl und Stärke der zu schneidenden Platten von Marmor oder einer andern Steinart, verschiedene Anzahl von Sägen ausgespannt sein. Die Sägenblätter liegen einander genau parallel und der Rahmen oder das Sägengatter bewegt sich in einer vollkommen senkrechten Ebene. Die von dieser Sägemaschine gelieferte Arbeit muß nothwendig weit genauer und besser sein, als die mit Handsägen ausgeführte, indem bei diesen jede Unregelmäßigkeit, in der Textur und Härte des Steins, die Säge aus der Ebene bringen, welches dagegen bei einer mit bedeutender Kraft betriebenen Maschine nicht der Fall sein wird.

Wir beschreiben nun mit Hülfe von Tafel XL eine Schneid- und Schleifmaschine für Marmorplatten* und es ist Fig. 1 ein Grund- und Fig. 2 ein Aufriß derselben. Dieselben Buchstaben bezeichnen in beiden Figuren gleiche Gegenstände. AA sind Balken und BB Schwellen. CDEF ist ein hölzerner Rahmen, der mittelst der Stangen GG an den Balken AA, an besondern Gehängen aufgehängt ist, so daß ihm eine freie, horizontale, hin- und hergehende Bewegung mitgetheilt werden kann. Das Sägengatter ist mit diesem Gestell durch eine gußeiserne Hülse M verbunden, die auf der senkrechten Säule CF beweglich ist. Dadurch wird die dem Rahmen CDEF durch eine Kurbel oder Kröpfung a an der Hauptwelle gegebene Bewegung, auch den Sägen mitgetheilt.

Die Sägenblätter bestehen aus geschmiedetem oder aus gewalztem Eisen. Das Sägengatter HHHH besteht aus Holz und hat eine rechteckige Form. Die Befestigung der Sägen in demselben ist am deutlichsten aus Fig. 3 ersichtlich, welche eine Säge für sich darstellt. ZZ ist der Durchschnitt des Gatters und CC sind Klammern oder Ringe, welche über die beiden Querbalken des Gatters greifen und mit denen die Sägenblätter durch Niete verbunden sind. Die Schrauben dd, welche sich in den Ringen bewegen und gegen Eisenplatten an den Enden des Gatters treten, dienen dazu, die Sägen zu spannen. Auf diese Weise kann jede beliebige Anzahl von Blättern und in jeder beliebigen Entfernung von einander, je nach der Anzahl und Stärke der zu schneidenden Platten, in dem Gatter eingespannt werden. KK, LL sind vier senkrechte, ein Gerüst bildende Säulen, in welches die zu zersägenden Marmorblöcke gebracht werden und die zu gleicher Zeit zur Leitung des Sägengatters dienen. An jedem Ende befindet sich eine gewisse Anzahl quadratischer, senkrechter Eisenstangen, zwischen denen die Sägenblätter durchgehen. Diese Stangen dienen dazu, die Sägen in einer genau senkrechten Stellung zu erhalten und sichern daher eine gleiche Stärke der Platten. Die Säulen LL sind so eingerichtet, daß dem Gerüst jede Länge gegeben werden, damit dasselbe verschieden große Blöcke aufnehmen kann. Die gußeiserne Hülse M, mit welcher das Sägengatter, wie schon weiter oben bemerkt wurde, verbunden, ist an der senkrechten Säule CF des schwingenden Rahmens CDEF verschiebbar. Sie ist an einem Seile aufgehängt, das über eine Rolle o geht und an dessen Ende ein Gegengewicht w hängt. Mittelst dieser Einrichtung kann die Säge mit jeder beliebigen Schwere auf den Stein drücken. Dieser verschiebbare Theil ist nothwendig, um die geradlinigte Bewegung der Sägen zu sichern, weil der bewegliche Rahmen, wegen seiner pendelartigen Bewegung, natürlich keine gerade, sondern eine krumme Linie beschreibt. Die Röhre ee dient zur Herbeiführung von Wasser, wenn die Sägen schneiden; ff ist ein kleiner Wasserbehälter, der von dem Gerüst KK, LL getragen wird und welcher beständig Zufluß von der Röhre ee erhält. gg ist ein geneigtes Brett, ebenfalls mit dem Gerüst KK, LL verbunden, auf welches der Sand, den man zum Schneiden gebraucht, gelegt wird. Auf denselben tröpfelt fortwährend Wasser aus dem Behälter ff und führt einen Theil Sand auf die Sägen.

Wenn der Marmorblock zerschnitten ist, so werden die Platten zu einem andern Theile der Mühle gebracht, um daselbst geschliffen und polirt zu werden, welche Operation hier auch durch die Maschinerie bewirkt wird. Die Platte wird auf einen Wagen NN gebracht, der von der Maschine eine wiederkehrende Seitenbewegung erhält, während der

* Nach Barlow, S. 387 ꝛc.

sogenannte Polirer eine Längenbewegung hat. Auf diese Weise findet auf jedem Theil der Oberfläche der Platte eine gleiche Wirkung statt. Der Wagen NN ruht auf Rollen, welche sich auf Schienen hh bewegen. Diese Schienen sind auf den Balken ii befestigt. j ist ein Zahnrad, welches durch eine Schraube ohne Ende an der Welle a, in Bewegung gesetzt wird. An der Welle des Rades j ist eine Kurbel oder Kröpfung befindlich, welche durch eine Kurbelstange und eine andere Kröpfung l, das Zahnrad n in Bewegung setzt. Der Kurbel l kann jede beliebige Länge gegeben werden, allein stets ist sie länger als die an der Welle des Rades j. Auf diese Weise macht das Rad keine ganze Umdrehung, sondern schwingt sich nur in einem Bogen hin und her. Es greift in eine, mit dem Wagen NN verbundene Zahnstange o und giebt auf diese Weise dem Wagen eine hin- und hergehende Seitenbewegung, die durch Verlängerung oder Verkürzung der Kurbel l, je nachdem die Dimensionen der zu schleifenden Platten es erforderlich machen, größer oder kleiner gemacht werden kann. Der Polirer wird mittelst eines aufrecht stehenden Rahmens OO in Bewegung gesetzt, indem er mit dem Sägengatter durch dieselbe Kurbel der Welle a in Schwingung kommt. Die Platte erhält aus dem Behälter QQ, der aus der Speiseröhre oo gefüllt wird, einen steten Wasserzufluß, und der Arbeiter fügt die Substanz hinzu, mit welcher der Marmor u. s. w. geschliffen und polirt wird.

Neuntes Capitel.

Von den Tabak-, Loh-, Farbe- und Farbholzmühlen.

Tabak-Mühlen. (Snuff-mills.)*

Diese dienen dazu, die Stengel und Blätter von der Tabakspflanze in ein Pulver, den sogenannten Schnupftabak zu verwandeln. Die durch Thier-, Wasser- oder Dampfkraft bewegten Maschinen, welche hierzu angewendet werden, bestehen aus mehren verschiedenen Vorrichtungen, von denen die erste aus senkrecht umlaufenden Steinen, die andere aus Stampfern und Mörsern besteht. In den ältern Mühlen werden die umlaufenden Steine gewöhnlich nicht angewendet, indem die Zerkleinerungsprozesse lediglich mittelst der Stampfen und Mörser bewerkstelligt werden. In diesem Falle ist es übrigens nöthig, die Tabaksstengel in sehr kleine Stücke zu zerschneiden, welches durch eine Maschine bewirkt wird, die aus Stampfen mit Messern an ihren untern Enden besteht. Diese Stampfen werden durch eine hinter ihnen liegende Welle, mittelst Hebedaumen, die unter horizontale Griffe fassen, gehoben und fallen durch ein eigenes Gewicht in einen Trog nieder, in welchem sich die Blätter befinden. Damit nun die Blätter und Stengel überall gleichförmig zerstampft werden, erhält der Trog eine abwechselnd hin- und hergehende Bewegung.

Fig. 1, Taf. XLI, ist eine Mühle von dieser Einrichtung. AA ist der Boden derselben, auf welchem die Mörser BB stehen, die aus Holz gemacht und mit eisernen Reifen aa versehen sind. CC ist die Welle der Mühle, mittelst welcher die bewegende Kraft den wirkenden Maschinentheilen mitgetheilt wird. An dieser Welle sitzt das Winkelrad DD, welches durch ein ähnliches Winkelrad die senkrechte Welle FF in eine drehende Bewegung setzt. Die untere Pfanne dieser Welle, welche dieselbe trägt, ruht auf dem Zapfenlager b, welches seinerseits auf dem starken Schwellwerk der Mühle befestigt ist. Am obern Ende dieser stehenden Welle ist ein Stirnrad GG befestigt, welches durch die Räder HH die Spindeln der Stößel von den Mörsern in Bewegung setzt. KK ist das Gerüst mit den, unten mit Messern versehenen Stampfen, mittelst welchen die Tabaksblätter und Stengel, ehe sie zum Zerreiben in die Mörser gelangen, zuvörderst zerschnitten werden. Der Tabak liegt in dem Kasten dd und wird von den Messern eee u. s. w. zerkleinert, indem dieselben sehr schnell auf ihn fallen, gehoben durch die Daumen einer Welle, die hinter den Stampfern liegt, hier aber nur in punktirten Linien angegeben ist. Eine horizontale Welle h liegt in rechtwinkliger Richtung zu der Hauptwelle C und erhält mittelst eines Winkelrades f ihre Bewegung von derselben. An derselben Welle ist ein anderes Winkelrad gg angebracht, welches in ein Winkelrad an der Welle greift, deren Hebedaumen die Stampfen heben. Dem Kasten, in welchen die Messer an den Stampfen fallen und der die Tabaksblätter enthält, wird eine geringe horizontale Bewegung von der Maschine ertheilt, so daß alle Theile des Tabaks gleichmäßig zerschnitten werden. Es geschieht dieß durch ein Zahnrad ll, welches durch ein an der Welle h sitzendes Getriebe bewegt wird. An der Welle des Rades l sitzt eine Kurbel, mittelst welcher die Hebel mm bewegt werden und auch der Kasten dd langsam hin und hergezogen wird. Wenn die Tabaksstengel auf diese Weise in hinlänglich kleine Stückchen zerschnitten sind, so gelangen sie in die Mörser BB, in den obern Theil der Mühle, wo sie jeden Grad von Feinheit, den der Schnupftabak haben muß, erlangen können, indem man die Stößel mittelst der Schrauben nn zu stellen im Stande ist.

In den Mühlen, in denen umlaufende Steine vorhanden sind, müssen die Stengel ebenfalls erst in Stückchen zerschnitten werden; allein da diese nicht so fein zu sein brauchen, so geschieht das Zerschneiden gewöhnlich durch Handarbeit mittelst einer Maschine, die große Aehnlichkeit mit der gewöhnlichen Häckselschneidmaschine hat.

Die senkrechten Läufer haben im Allgemeinen die Einrichtung der in den Oelmühlen angewendeten, die wir in der zweiten Abtheilung des zweiten Bandes kennen lernen

* Nach Barlow, S. 394 x.

werden. Jeder Läufer hat eine andere Entfernung von dem Mittelpunkte der senkrechten Welle, damit jeder auf einem andern Theile der unter ihnen liegenden Platte wirken kann. Bei Tabaksmühlen ist es aber, wegen der Nachtheile, die es für den Schnupftabak hat, wenn er einen zu großen Druck erleiden muß, nöthig, daß dem Gerüst, in welchem sich die Steine umdrehen, eine freie Bewegung in senkrechter Richtung ertheilt wird, so daß, wenn der Tabak auf einem Haufen liegt, die Steine in die Höhe und darüber weggehn und nur den Druck ausüben, den ihr eigenes Gewicht giebt. Bei einigen Sorten von Tabak ist eine weitere Verminderung dieses Drucks nothwendig, welche man durch ein Gegengewicht erreicht, das an einem über eine Rolle gehenden Seile hängt. Die Wirkung dieses Gewichts ist daher eine Verminderung des Gewichts von den Steinen, so daß durch seine Vergrößerung oder Verminderung der von den Steinen ausgeübte Druck nach der Beschaffenheit des zu zerreibenden Materials eingerichtet werden kann.

Fig. 2, Taf. XLI, stellt eine Tabaksmühle vor, bei welcher das feinere Mahlen des Tabaks in Mörsern mit Stößeln geschieht. AA sind die hölzernen Gerüste, in welchen die Mörser stehen. Mit demselben ist das gußeiserne Gerüst BBBB der Maschinerie, mittelst welcher die Stößel bewegt werden, verbunden. CCC ꝛc. sind die Mörser, deren Gestalt aus der Abbildung ersichtlich ist. Die Stößel oder Keulen DDD, rollen mittelst Umdrehung der senkrechten Welle auf der geneigten Oberfläche der Mörser, wodurch die feinere Zerreibung des Tabaks bewirkt wird. Mörser und Stößel bestehen gewöhnlich aus Eisen sind sie aber aus Holz angefertigt, so haben sie eine andere Construction und bestehen aus einem, in einem Kegel arbeitenden Kegel. Der Winkel des innern Kegels ist dann kleiner als der des äußern, so daß die Oberflächen an dem Scheitel in genauerer Berührung stehen, als an der Basis. Dadurch wird der Schnupftabak nach und nach feiner zerrieben, indem er auf den Oberflächen der Kegel herabgeht, bis daß er zu dem Scheitel gelangt, von wo aus er durch eine Oeffnung in ein darunter gesetztes Gefäß ausläuft. Mörser und Stößel, die auf solche Weise eingerichtet sind, bilden einen wichtigern Theil der zum Zermahlen des Tabaks angewendeten Maschinerie, als die in Fig. 2 dargestellten, welche nur dazu dienen, gewissen Sorten desselben einen höhern Grad von Feinheit zu geben, indem die Hauptarbeit unter den Steinen ausgeführt ist. Die erstgenannten Mörser (B, Fig. 1) bewirken dagegen das ganze Zermahlen. Der verschiedene Grad von Feinheit wird durch die Stellschrauben u, Fig. 1, bewirkt, wodurch die Kegel einander mehr oder weniger genähert werden können.

Wir wenden uns nun wieder zu der Fig. 2, auf welcher EE eine horizontale Welle ist, die sich in den Zapfenlagern aaa bewegt, welche auf den eisernen Querbalken bbb festgeschraubt sind. An der Welle sind die Winkelräder FFF, befestigt, die in ähnliche an den senkrechten Wellen GGG greifen, mittelst deren die Stößel DDD bewegt werden. Die horizontalen Winkelräder HHH können sich frei an den stehenden Wellen GGG auf und nieder bewegen, so daß sie mittelst der an den Hebeln cccc ꝛc. befestigten Seile eee in und außer Betrieb mit den Rädern FFF gerückt werden können. Auf diese Weise kann der die Mühle bedienende Arbeiter einen von den Mörsern füllen oder entleeren, ohne die ganze Maschine still stehen zu lassen.

In den Fig. 3 und 4 ist eine Tabakschneidmaschine in einem Aufriß von der Seite und von vorn dargestellt. Der Zweck dieser Maschine ist der, die zum Rauchen bestimmten Tabaksblätter in parallele Streifen von verschiedenen Graden der Feinheit zu zerschneiden. Die Maschine besteht aus einem gußeisernen Gestell AA, welches mittelst Bolzen fest auf das Schwellwerk BB geschraubt ist. Auf dem untern Querstück des Gerüsts A ist ein Zapfenlager für die horizontale Welle CC angebracht, welche das Messer in Bewegung setzt. Die Tabaksblätter werden, nachdem die Stengel mit großer Sorgfalt davon entfernt worden sind, in viereckige hölzerne Rähme gebracht, die, indem man sie übereinander stellt, einen Kasten bilden, den man bei aa in Fig. 3 sieht und in welchem der Tabak mittelst Schrauben zusammen gepreßt ist. Der Kasten hat solche Maaße, daß er den Raum zwischen den Seiten bb des Gestelles genau ausfüllt, während das Innere der Länge des Messers gleich ist. Der Tabak wird in dem Kasten durch die gußeiserne, in die Seiten des Gerüstes eingelassene Platte ff zurückgehalten und wird durch die Flügelschrauben h niedergedrückt, die in gußeisernen Muttern g, welche mit dem Gerüst verbunden sind, laufen. Der sich über das Messer hinaus erstreckende Theil der Platte besteht nur aus zwei Oehren von der Weite der Seiten aa des Kastens. Sie werden mittelst der Schraube h nieder gedrückt und dienen folglich zur weitern Sicherung einer genauen Bewegung des Kastens.

Das bei F in den Fig. 3 und 4 dargestellte Messer ist an den Wagen DD geschraubt, ruhet auf der einen Seite auf der Spindel E und erhält auf der andern Seite eine auf- und niedergehende Bewegung von einer Kurbel an der Welle CC, an deren anderm Ende ein Schwungrad vorhanden ist und welche ihre Bewegung durch ein Band und eine Triebrolle erhält.

Der den Tabak enthaltende Kasten aa wird auf ein Brett ee gestellt, welches mittelst eines Wagens eine mäßige Längenbewegung erhält, indem dieser längs einer langen horizontalen Schraube ll, Fig. 4, hingeht. Es ist daher einleuchtend, daß bei jeder Umdrehung der Welle C durch das niedergehende Messer durch den ganzen Durchschnitt des Kastens, ein Schnitt Tabak abgeschnitten werden wird. Die der Schraube ll ertheilte Geschwindigkeit ist nach dem Grade der dem Tabak zu gebenden Feinheit verschieden. Es wird dieß durch verschiedene Schiebräder bewirkt, die man an der Schraube ll befestigt; denn da die Bewegung dem Schieb- oder Stoßrade G durch den Hebel oder die Zugstange H bewirkt wird, so wird dieß bei jedem Niedergange des Messers um einen Zahn vorrücken, so daß wenn das Rad größer ist und mehr Zähne hat, während einer Umdrehung des Rades eine größere Anzahl von Schnitten während einer Umdrehung desselben gemacht werden müssen und der Tabak feiner sein wird. (Im Recueil industriel, II, ist auf Tafel 24 eine, in den Königlichen Tabaksfabriken Frankreichs in Anwendung stehende, Reibmaschine für Schnupftabak mit wechselnder rotirender Bewegung, aus der Werkstatt von Wilson und Comp. zu Charenton, abgebildet. Auf Taf. 31 und 32 findet man auch Siebmaschinen für Schnupftabak abgebildet.)

Lohmühlen. (Bark-mills.)*

Zur Verkleinerung der Lohe, d. h. der zum Gerben benutzten Baumrinde, werden mehre Maschinen, sogenannte Lohmühlen, angewendet, von denen wir hier einige der zweckmäßigsten beschreiben.

Fig. 1, Taf. XLII, zeigt einen Aufriß und theilweisen Durchschnitt von der Lohmühle des Engländers Weldon, die in sehr allgemeiner Anwendung steht. A und B sind Balken, die mit dem Gebäude, in welchem die Maschine befindlich ist, in Verbindung stehen. C ist eine gußeiserne stehende Welle, deren oberer Zapfen in einem Zapfenlager läuft, welches an den Balken A festgeschraubt worden ist. Sie hat ein Winkelrad EE an ihrem obern Theile, welches in ein anderes Winkelrad an der horizontalen Welle F greift, von welcher letztern die Bewegung der Maschine ausgeht und welche durch Thier-, Wasser- oder Dampfkraft, zuweilen auch durch eine Windmühle betrieben wird. G ist ein kegelförmiger Körper, der auf der stehenden Welle C befestigt ist und der gewöhnlich aus Gußeisen besteht. Auf seiner untern Oberfläche sind zwei Reihen von Zähnen oder Riffeln vorhanden, von denen die obern HH zum Zerbrechen, die untern, kleinern und zahlreichern KK zum Zerreiben der Borke dienen. Der untere Theil der stehenden Welle, welcher über den Kegel G vortritt, läuft in einer beweglichen messingenen Pfanne L, die höher oder niedriger gestellt werden kann, je nach der Beschaffenheit der zu mahlenden Substanz, oder nach der verlangten Feinheit der Lohe. Diese messingene Pfanne steigt in einer Oeffnung in dem Querbalken R des untern Gerüstes auf und nieder und paßt sehr genau in die Hülse, damit gar keine Seitenbewegung stattfindet. M ist eine Schraube, die sich in einer Mutter in dem Querbalken T dreht und mittelst einer Stange, welche man durch ein, in dem Kopfe befindliches Loch steckt, zu drehen im Stande ist, so daß auf diese Weise die Pfanne leicht höher oder niedriger gestellt werden kann.

SS ist ein gußeiserner Cylinder oder ein Gehäuse, dessen unterer Theil kegelförmig und durch Schraubenbolzen fest mit den Säulen QQ verbunden ist. Auf der innern untern Oberfläche des Cylinders sind Zähne vorhanden, ähnlich denen auf dem Kegel G, gegen welche sie wirken und im Verein mit denselben das Zermahlen der Lohe bewirken. Diese Zähne machen einen schiefen Winkel mit der senkrechten Axe und treffen die Zähne des Kegels, die einen ähnlichen Winkel bilden, aber in umgekehrter Richtung, wie die Schenkel einer Scheere, wodurch die Borke zerschnitten und zerrieben wird. Die zerriebene Borke oder Lohe fällt aus der Mühle auf ein Drahtsieb, welches die feinern und die gröbern Theile von einander trennt und zwar nach jedem beliebigen Grad der Feinheit.

Fig. 2 ist eine Seitenansicht der Lohmühle des Engländers Chapman, bei welcher der Prozeß durch horizontale Walzen ausgeführt wird. Um die Einrichtung der Maschine deutlicher darstellen zu können, ist die vordere Seite von dem Gerüst weggelassen worden. Die Bewegung wird der Mühle durch ein Zahnrad an der horizontalen Welle B mitgetheilt. An derselben Welle ist eine Walze C angebracht, auf deren Umfange zwanzig oder noch mehr gezackte Schienen befindlich sind, je nach der erforderlichen Kraft. Die benachbarten Schienen liegen übereinander, damit sie schneidende Kanten bilden. D ist eine kleinere Walze, deren Peripherie ebenfalls aus übereinander gelegten Schienen besteht, deren schneidende Kanten aber nach entgegengesetzter Richtung gehen. Die Walze D ist von dem Stirnrade aus durch zwei Getriebe in Bewegung gesetzt, so daß es sich in entgegengesetzter Richtung und mit größerer Geschwindigkeit bewegt. Durch dieses Mittel treffen sich die schneidenden Kanten der beiden Walzen, und die zwischen dieselben gelegte Borke wird von denselben ergriffen und in Stücken zerschnitten. d ist eine Schraube, welche dazu dient, die Walze D der Walze C näher zu bringen, oder mehr von derselben zu entfernen. Die Walze D hat ein Zapfenlager in dem obern Theil des Gerüstes, welches eine Seitenbewegung und somit die Näherung oder Entfernung gestattet.

* Nach Barlow, S. 344 x.

Nachdem die Borke durch die beiden Walzen gegangen ist, fällt sie auf die ebenfalls mit Schienen nach einem Kreisbogen versehene Platte D, auf der es einer weitern Zerreibung unterliegt. Diese Platte ruht auf den gußeisernen Balken EE des Gerüstes, und ihre Stellung kann durch die Stellschrauben FFF in horizontaler und in vertikaler Richtung verändert werden, um sie der Walze C näher zu bringen oder mehr von derselben zu entfernen, damit man die Borke zu jedem erforderlichen und verlangten Grade der Feinheit zu zermahlen im Stande ist. Da sich die Zähne der Walze C mit Klümpchen von Lohe verstopfen können, so ist die Walze G vorhanden, welche mit Spitzen besetzt ist und sich so nahe an dem Umfange der Walze C umdreht, daß dieselbe auf der äußern Seite immerfort rein erhalten wird.

H ist eine Rinne, welche die gemahlene Borke aufnimmt und sie dem darunter gesetzten Korbe K zuführt. Sie geht nun durch einen geneigt liegenden Cylinder, dessen Umfang aus Drahtsieben von verschiedener Feinheit besteht, welcher auf irgend eine Weise in eine drehende Bewegung gesetzt wird. Die verschieden feine Lohe, welche durch die Siebe fällt, wird von verschiedenen Gefäßen aufgenommen und die gröbste, welche durch keins geht, fällt am andern Ende wieder heraus und geht nochmals durch die Mühle.

Nach einem andern Prinzip ist die Lohmühle des Engländers Bagnall construirt. Die Lohe wird im obersten Theile der Maschine durch einen schweren, mit Schneiden besetzten Klotz zerhackt, gelangt hierauf durch einen Kanal zwischen zwei gewöhnliche Mühlsteine und wird von ihnen zermahlen. Das Pulver wird durch ein Sieb von den etwa noch übrig gebliebenen groben Stücken getrennt und letztere fallen durch eine Rinne unter einen durch Daumen bewegten Hammer, der sie auf einer harten Unterlage zerschlägt. (Im Recueil industriel, I, sind auf den Taf. 70 und 71 zwei ähnliche Maschinen wie Figur 1 und 2, die wir hier beschrieben haben, dargestellt; auf der erstern eine Maschine zum Vorschneiden der Eichenrinde, deren Messer an einer horizontalen Trommel angebracht sind, construirt von Révillon. Auf Taf. 71 ist eine Maschine zum Feinmahlen der Lohe dargestellt,

deren Schneidezeug an einem senkrechten glockenförmigen Körper angebracht ist.)

Farb-Mühlen. *

Die im Wasser unauflöslichen, also die eigentlichen Deckfarben, nämlich die erdigen und die Lackfarben, müssen vor ihrer Anwendung in dieser oder jener Form, sie mögen nun mit Wasser oder Oel gebraucht werden, möglichst fein zerrieben werden. Soll diese Operation mit größern Quantitäten von Farben vorgenommen werden, so reichen die gewöhnlichen Methoden des Zerreibens in der Reibschale oder auf dem Reibsteine nicht aus, indem sie zu wenig ergiebig und bei manchen Farben, welche schädliche Dünste verbreiten, auch der Gesundheit des Arbeiters nachtheilig sind. Man wendet daher dazu eigene Vorrichtungen, welche die Arbeit mehr fördern, sogenannte Farbmühlen an.

Eine solche, zunächst zum Reiben von Mahlerfarben bestimmte Maschine, ist in Fig. 3, Taf. XLII, vorgestellt. A ist ein steinerner Cylinder, aus dichtem Marmor, 16 bis 18 Zoll im Durchmesser und 4 bis 5 Zoll breit, der nach Art eines Schleifsteins in einem Zapfenlager auf dem Gerüst G ruht. B ist ein nach derselben Krümmung ausgehöhlter Stein derselben Art, welcher in dem hölzernen Rahmen a b mittelst Kitt befestigt ist. Mittelst eines Charniers l ist dessen unteres Ende mit dem Gerüste verbunden, so daß dieser Rahmen mit dem Stein zurückgeschlagen werden kann. Die Länge dieses Steins beträgt etwa ein Drittheil der Peripherie des Cylinders. C ist ein Bogen von Eisen, von etwa 1 Zoll Breite, der bei f an das Gerüst befestigt, mit dem andern Ende c aber mit einer Flügelschraube mit dem obern Theile a des Rahmens verbunden ist und dazu dient, den letztern auf den Cylinder nieder zu drücken und ihn in stätiger Lage zu erhalten. Dd ist ein eiserner, um den Zapfen d beweglicher Rahmen, an dessen vorderm Theil D eine Streichklinge aus einer etwa 1/2 Zoll breiten Uhrfeder befestigt ist, die sich schief an die runde Fläche des Cylinders anlegt, um von derselben die Farbe abzustreifen, wenn sich diese nach aufwärts bewegt. H ist ein Schubbrett, auf dem sich das Gefäß befindet, das die geriebene Farbe aufnimmt und welches man herausziehen kann, um es von der Farbe zu reinigen, die von dem Cylinder etwa auf dasselbe fällt. F ist ein Schubkasten, welcher Sägespäne oder die Abschabsel der Gerber von den Häuten enthält, um mit denselben den Cylinder und den concaven Stein abzuputzen, wenn eine andere Farbe abgerieben werden soll. Die vorher trocken gepulverte und dann mit Oel oder Wasser vermengte Farbe, wird mit einem Spatel auf den Cylinder getragen, durch dessen Umdrehung sie unter den concaven Stein geführt und gleichmäßig über dessen runder Fläche ausgebreitet wird. Ist die Farbe gehörig zerrieben, so wird die Streichklinge D, die während dem zurückgeschlagen war, an den Cylinder angelegt, wodurch die Farbe abgestrichen und in dem untergesetzten Gefäße aufgesammelt wird.

* Nach Barlow, S. 355 und Prechtl's techn. Encyklopädie, V, 427.

Indigo-Mühle. — Die Mühlen, welche von den Färbern angewendet werden, um die Auflösung des Indigs in der Flüssigkeit zu bewirken, mit welcher er übergossen wird, sind verschiedenartig eingerichtet. Es wird bei diesem Prozeß jedes Zerreiben möglichst vermieden, zuvörderst um jeden Verlust an Material und dann auch um den Nachtheil der chemischen Einwirkung auf die Substanz, auf welcher gerieben wird, zu vermeiden. Fig. 4 ist der Aufriß von einer Mühle, wie sie sehr gewöhnlich in kleinern Färbereien angewendet und die von einem Menschen regiert werden. In dieser Maschine wird die Pulverisirung oder das Körnen des Indigs durch den Druck einer Anzahl von glatten gußeisernen Kugeln, gleich Geschützkugeln, bewirkt. Diese Kugeln rollen zwischen dem Indig umher und drücken ihn durch ihr Gewicht in einen Teig, bis er sich mit der Flüssigkeit vereinigt, die ihn mechanisch aufgelöst erhält.

A ist das cylinderförmige Gefäß, welches den Indigo enthält; B ist eine senkrechte Spindel, an der ein Rad CC befestigt, welches mit einer zweckmäßigen Anzahl von Armen versehen ist, die wie Halbmesser eines Kreises in dem Gefäß vortreten. Unter einem jeden von diesen Armen ist mittelst kleiner Eisenstangen eine Kugel angebracht, so daß sich dieselben mit dem Rade umdrehen müssen. Wird daher das Rad CC gedreht, so werden auch alle Kugeln in dem Gefäß A in Bewegung gesetzt, die, indem sie über den Indigo rollen, ihn nach und nach pressen, bis daß er sich mit dem Wasser oder der Flüssigkeit, die ihn umgiebt, verbindet. Die Mühle wird durch eine Kurbel D in Bewegung gesetzt, an deren Welle ein Getriebe sitzt, welches in das Winkelrad E an der stehenden Welle greift, an der auch das Kugelrad C befestigt ist. F ist eine Querstange, mit Kugeln am Ende, welche als Schwungrad dient.

Wenn der Indigo gehörig aufgelöst und mit dem Wasser vereinigt worden ist, so wird die auf diese Weise gebildete Flüssigkeit mittelst eines Hahns, an dem Boden des Gefäßes A, in ein anderes Gefäß abgelassen.

Obgleich diese Maschine eine sehr zweckmäßige Einrichtung hat, so ist sie doch nicht passend, um im großen Maaßstabe ausgeführt und da angewendet zu werden, wo viel Indigo verbraucht wird. In solchen Fällen werden gewöhnlich Dampfkräfte zum Betriebe der Indigomühle angewendet und diese werden so eingerichtet, daß sie, außer bei dem Füllen und Entleeren, gar keiner weitern Aufsicht bedürfen. Auf einem starken hölzernen Gerüst ruht ein halbkreisförmiges gußeisernes Gefäß, welches mit einem, aus zwei Stücken bestehenden Deckel versehen ist, in der Mitte mit einem kreisförmigen Loch, durch welches eine stehende Welle bis zu dem Boden des Gefäßes niedergeht. An dieser Welle sitzt oben ein Winkelrad, in welches ein anderes an einer horizontalen Welle angebracht ist, die ihrerseits mittelst einer Kurbel von der Dampfmaschine eine hin- und hergehende Bewegung erhält. Die stehende Welle setzt eiserne Cylinder in dem Innern des Kessels in Bewegung und bringt dieselbe Wirkung beim Zerreiben und Vermischen des Indigos hervor, als die Kugeln in der zuerst beschriebenen Maschine. Der Durchmesser und die Länge der Cylinder sind gleichgültig, jedoch ist ihre Wirkung am besten, wenn sie dick und lang sind und viel Eisen enthalten. Je länger der Indigo bearbeitet wird, um

so besser ist er. (In Schubarth's techn. Chemie, III, 319 ist eine solche Indigmühle mit Hülfe von Taf. XIX, Figur 1 und 2 beschrieben.)

Farbholzmühlen. (Logwood-mills.)

Diese Maschinen werden zum Zerkleinern der Farbhölzer angewendet und der wirkende Theil besteht entweder aus schneidenden Klingen, denen die Holzstämme mit der Hirnseite dargeboten werden (Farbholz-Schneidmühlen); oder die zerkleinernden Maschinentheile sind mit Zähnen oder Einkerbungen versehen (Farbholz-Raspelmaschine). Man findet diese Maschinen sämmtlich beschrieben und abgebildet in einer Abhandlung des Herrn Geheimeraths Beuth in Berlin, in dem ersten Bande der Berliner Verhandlungen, S. 43 rc.

Wir beschreiben hier mit Hülfe der Fig. 5, Taf. XLII, die gewöhnliche englische Holzraspelmaschine. Sie ist hier im Grundriß dargestellt und gehört zu den wirksamsten

Maschinen dieser Art. AAAA ist ein starkes hölzernes Gerüst, welches den Boden CC trägt. B ist ein gußeiserner Cylinder, auf welchem Schienen oder Messer eingelassen sind; er ruht in Zapfenlagern auf dem Gerüst A und wird mittelst des Rades D von Wasser- oder Dampfkraft in Bewegung gesetzt. Die Stücke Holz, welche geraspelt werden sollen und die hier mit LLLL bezeichnet sind, liegen auf dem Boden C, auf welchem sich ein eiserner Schlitten EE schiebt. Dieser ist mit den gezahnten Stangen RR verbunden, welche durch die Getriebe PP bewegt werden und so das Holz gegen den Cylinder drücken, dessen gekerbte Messer oder Raspeln bei ihrer Umdrehung Späne von dem Holz abschneiden. An dem einen Ende der Axe dieser Getriebe befindet sich eine Kurbel, mittelst welcher der die Mühle bedienende Arbeiter das Holz stets gegen den Cylinder drückt, wenn nicht eine Vorrichtung angebracht ist, welche dieß Andrücken mit Hülfe der Maschine selbst verrichtet. Uebrigens erklärt sich die Wirksamkeit der Maschine aus einer Betrachtung der Abbildung von selbst.

Encyklopädisches Handbuch

des

Maschinen- und Fabrikenwesens

für

Kameralisten, Architekten, Künstler, Fabrikanten und Gewerbtreibende
jeder Art;

nach den

besten deutschen, englischen und französischen Hülfsmitteln bearbeitet

von

Carl Hartmann,

der Philosophie Doktor, Herzoglich Braunschweigischem Bergcommissair, mehrer Gelehrten- und Gewerbsvereine Mitgliede ꝛc.

Ersten Theiles dritte Abtheilung,

enthaltend: die Eisenbahnen und den Transport auf denselben.

Mit 10 lithographirten Tafeln.

Leipzig & Darmstadt.

Druck und Verlag von Carl Wilhelm Leske.

1838.

Inhalts-Verzeichniß.

Sechstes Capitel.

Siebentes Capitel.

Achtes Capitel.

Neuntes Capitel.

Erster Theil.

Maschinenwesen.

Dritte Abtheilung.

Von den Eisenbahnen und dem Transport auf denselben.

Einleitung.*

Wenn Fuhrwerke, sagt Herr Geheimerath Crelle in Berlin, über einen unbefestigten, lockeren, etwa sandigen, Boden hinfahren, oder auch über eine Chaussee, die nicht sorgfältig erhalten wird, auf welcher nämlich die Spuren nicht immerfort gleich beim Entstehen wieder geebnet werden: so bleiben sie mit ihren Rädern bekanntlich gern in den nämlichen Spuren und das deshalb, weil der Boden in den Spuren durch die Räder der Fuhrwerke fester gedrückt und glatter gemacht wird, als er es außerhalb der Spuren ist. Diese Erfahrung leitet schon von selbst darauf, diejenigen langen, schmalen Stellen einer Straße, auf welchen die Räder laufen, insbesondere stark zu befestigen, und sie recht glatt zu machen. Stellt man sich vor, solches geschehe durch Eisen, einen der härtesten, und dabei leicht glatt und eben zu machenden Körper, so hat man eine Eisenbahn. Bei Chausseen ist der Boden in der ganzen Breite der Straße ungefähr gleich stark befestigt. Dieses ist eigentlich ein sehr großer Luxus, der zwar allerdings den Nutzen hat, daß die Fuhrwerke überall und nach Belieben einander ausweichen können; aber auch keinen anderen.

Was sich, um eine Eisenbahn darzustellen, am nächsten darbietet, ist: eiserne Streifen von hinlänglicher Stärke in die Spuren einer Straße zu legen, darin zu befestigen und dann auf diese Streifen die Räder der Fuhrwerke laufen zu lassen, indem man, etwa durch vorstehende Ränder der eisernen Bahnstreifen, die Räder in den Spuren hält, und sie am Ausgleiten hindert. Dieses giebt in der That die älteste Art von Eisenbahnen, die im Englischen sogenannten Trame-roads. Da indessen in den, vermöge der Räder an den Seiten, gleichsam Rinnen bildenden Eisenspuren sich leicht Sand, Steinchen und Schlamm anhäufen, deren fortwährende Wegschaffung zu erzwingen, wie die Erfahrung lehrt, alle Aufsicht nicht zureicht, so hat man die Trame-roads oder Rinnen-Eisenbahnen fast überall aufgegeben. Man hat fast überall, wo man Eisenbahnen baut, die Spuren für die Räder, statt aus Rinnenschienen, aus Stabschienen (Edge-rails) gebildet, die nach oben etwas convex sind und etwas über dem Boden emporstehen.

---

* Die bei dieser Abtheilung benutzten und überhaupt wichtigsten allgemeinern Werke über Eisenbahnen und Transport auf denselben sind folgende: *Tredgold*, a practical treatise on railroads and carriages etc. 2d. edit. London 1835. *Wood*, a practical treatise on railroads and interior communication in general etc. 2d. edit. London, 1832. Unter dem Titel: Traité pratique des chemins de fer, von den Herren *Montricher*, *Franqueville* et *de Ruolz*, Paris, 1834, ins Französische übersetzt. Eine dritte, umgearbeitete Auflage des Originals ist unter der Presse. — *Minard*, Leçons faites sur les chemins de fer à l'école des ponts et chaussées en 1833 et 1834. Paris, 1834. Deutsch in Crelle's Journal für Baukunst, Bd. IX, 2. Heft, Berlin, 1835. v. Gerstner's Handbuch der Mechanik, Bd. I, S. 601 ꝛc. Prechtl's techn. Encykl., Bd. IV, S. 77 ꝛc. Art. Dampfwagen- und Bd. V, S. 45 ꝛc. Art. Eisenbahn. — *Biot*, Manuel des chemins de fer. Paris 1834. Unter dem Titel: Ueber die Anlegung und Ausführung aller Sorten von Eisenbahnen nach den Grundsätzen der Mechanik und den Ergebnissen der Erfahrung ꝛc. übersetzt von C. H. Schmidt. Weimar 1835. — Allgemeine Belehrungen über Eisenbahnen und Schienenwege in populär faßlicher Darstellung von einem Techniker. Mainz 1836. — Hartmann's praktisches Handbuch über die Anlage von Eisenbahnen, ihre Kosten, Unterhaltung und ihren Ertrag, über die Anfertigung und Prüfung guß- und stabeiserner Schienen und die Einrichtung der Dampf- und andern Eisenbahnwagen. Augsburg 1837. — *Brees*, Railway practice. A collection of working plans and practi-

Diese Veränderung hat allerdings den großen und wesentlichen Vorzug, daß auf den Schienen kein Sand und Schlamm sich sammeln kann, und daß also die Schienen, wie sie es sein sollen, immer möglichst rein und glatt bleiben; sie hat aber dagegen auch den nicht ganz unbedeutenden Nachtheil, daß nun die Räder der Fuhrwerke, damit sie nicht von den Schienen hinuntergleiten, rundum vorstehende Spurkränze bekommen müssen, so daß ein Eisenbahnwagen, ohne ihm erst andere, gewöhnliche Räder mit cylindrischen Felgen zu geben, nicht mehr auf einer gewöhnlichen Straße fahren kann, während zugleich umgekehrt die Eisenbahn für gewöhnliche Fuhrwerke ebenfalls nicht fahrbar ist; was beides bei den Trame-roads nicht der Fall ist, die vielmehr für gewöhnliche Fuhrwerke ebenfalls fahrbar sind und keine besonders gestalteten Wagenräder erfordern. Daß der oben bezeichnete Vorzug der Stabschienen vor den Rinnenschienen ihren Nachtheil überwiege, ist wohl ziemlich unzweifelhaft.

Betrachten wir den Nutz-Effect der Eisenbahnen, so ist es ganz klar, daß sie da, wo sie ausgeführt werden können, wo nämlich der größte Personen- und Waarentransport stattfindet, und keine zu häufigen Terrain-Hindernisse obwalten, in mehrseitiger Hinsicht allen andern Förderungsbahnen den Vorrang abgewinnen.

1) Die Eisenbahnen unterscheiden sich dadurch wesentlich und vortheilhaft vor den gewöhnlichen Straßen, daß sie nicht durch Abnützung, durch Witterungseinflüsse, wie durch Regen, schlechter, sondern durch den Gebrauch abgeschliffener, geglätteter, besser werden. 2) Wird die angewandte Zugkraft der Thiere nicht so bald, oder ungleichförmig abgenützt, wie dieß bei den gewöhnlichen Straßen der Fall ist. 3) Wirkt die angewandte Trieb- oder Zugkraft zum wenigsten acht Mal stärker, als auf einer Chaussee im besten Zustande. 4) Ist der Transport von Personen mehr gegen Umwerfen und stete Erschütterungen gesichert, da die Räder im Geleise gehen; die Bewegung ist so sanft, daß selbst die zerbrechlichsten Gegenstände, Glas, Porzellan u. s. w., ohne besondere Vorsicht eingepackt, 100 Meilen weit transportirt werden können, ohne irgend eine Beschädigung zu erleiden, ja man kann im Fahren auf gut construirten Eisenbahnen mehrere Verrichtungen ohne Störung unternehmen, man kann z. B. lesen, schreiben &c. Auf der Liverpool- und Manchester-Eisenbahn z. B. fuhren binnen 18 Monaten 700,000 Menschen, ohne daß von dieser großen Anzahl nur ein einziger Mensch durch einen Unglücksfall sein Leben einbüßte, während in der Umgegend von Manchester innerhalb 12 Monaten nicht weniger als 15 gewöhnliche Kutschen umwarfen, wobei mehrere Personen ihr Leben einbüßten, und viele bedeutend beschädigt wurden. Dazu kömmt noch, daß Förderungsmittel, nämlich die Construirung der Dampfwagen sowohl, als die Beschaffenheit der Bahnen selbst, zeither wesentliche Verbesserungen erfahren haben, und nun alle möglichen Unglücksfälle gänzlich abgewandt sein können. 5) Eisenbahnen sind bei jeder Witterung, Jahres- und Tageszeit fahrbar. Ist der Weg verschneit, verhüllen im düstern Herbst dicke herabhängende Nebel alle Bahn, hemmt eine finstere Nacht auf der gewöhnlichen Straße, auf unbekannten Wegen beim Fortschreiten jeden Schritt des im Wagen Reisenden, so führt ihn dagegen die künstliche Eisenbahn schnell und sicher zum ersehnten Ziel. 6) Ein sehr wesentlicher Vortheil der Eisenbahnen mit Dampfwagentransport ist der, daß sie Pferde entbehrlich machen. Zum Unterhalt eines Pferdes ist so viel Land erforderlich, als zum Lebensunterhalt von acht Menschen dient. Wird nun die thierische Kraft durch Dampfkraft ersetzt und würden die Transportmittel, statt von der Oberfläche, aus dem Schooß der Erde genommen, so wird sehr viel Ackerland zum Unterhalt von Menschen frei. 7) Der Eisenbahnenbau unterliegt nicht so häufigen Reparaturen als der Chausseebau, und dessen Unterhaltung ist daher nicht so kostspielig wie beim gewöhnlichen Straßen- oder Canalbau. Reparaturen sind bei Eisenbahnen unbedeutend; wenn auch eine eiserne

---

cal details of construction in the public works of the most celebrated engineers etc. (Mit 77 lithogr. Tafeln.) London, 1837. — Crelle, Einiges allgemein Verständliche über Eisenbahnen, insbesondere als Privatunternehmungen &c. Berlin, 1835. — Derselbe: Ueber verschiedene Arten von Eisenbahnschienen und deren Fundamentirung. Daselbst 1837. — Derselbe: Einiges in Zahlen über Eisenbahnen. Das. 1838. (Diese drei Schriften sind besondere Abdrücke aus Herrn Geheimenraths Dr. Crelle trefflichem „Journal für die Baukunst", welches besonders wichtig für das Eisenbahnwesen ist.) — Mekarsky Edler v. Menk, das Eisenbahnwesen nach allen Beziehungen kritisch beleuchtet. Wien, 1837. — *de Pambour*, practical Treatise on locomotive Engines upon railways etc. London, 1836. Unter dem Titel: Praktische Abhandlung über Dampfwagen auf Eisenbahnen, (Berlin, 1837) ins Deutsche übersetzt. (Aus Crelle's Journal besonders abgedruckt.) — *Gordon*, Treatise upon elemental Locomotion. 3. edit. London, 1838. — *Tredgold*, on the Steam-Engine, 2d. edition by *Woodhouse*, London 1838. 2d. part. — v. Oeynhausen und v. Dechen: Ueber Schienenwege in England, Bemerkungen, gesammelt auf einer Reise in den Jahren 1826 und 1827. Berlin 1829. (Aus Karsten's Archiv, 1. Reihe, Bd. 19.) — *Simms*, the public Works of Great Britain. 1. Division: Railways, Locomotive Engines and Carriages (Mit 83 großen prächtigen Kupfertafeln.) London, 1838. — *Whishaw*, Analysis of Railways, consisting of Reports on the several Railways projected in England and Wales. London 1838. — History and Description of the Liverpool and Manchester Railway. London 1832. — *Simons* et *de Ridder*, Description de la route en fer à établir d'Anvers à Cologne. 2de édition. Bruxelles 1833. — Plieninger, kurzer Bericht über die Eisenbahn von Brüssel nach Mecheln, nebst allgemeinen Bemerkungen über Eisenbahnanlagen überhaupt &c. Stuttgart, 1836. — Henz, Bericht über Project und Vorarbeiten zu der Anlage einer Eisenbahn von Elberfeld nach Witten. Elberfeld, 1836. — Scharrer, Deutschlands erste Eisenbahn mit Dampfkraft, oder Verhandlungen der Ludwigs-Eisenbahn-Gesellschaft. Nürnberg 1836. — Rößler, technische Beschreibung der Eisenbahn von Nürnberg nach Fürth. Mit 10 großen lithogr. Tafeln. Darmstadt 1837. — *Poussin*, Chemins de fer americains. Paris, 1836 Deutsch unter dem Titel: Amerikanische Eisenbahnen; Geschichtliches ihrer Ausführung; Baukosten, Ertrag, Verwaltung und Gesetzgebung derselben. A. d. Franz. übertragen, nebst genauer Beschreibung eines Stephenson'schen Eisenbahnwagens. Regensburg 1837. — Die für das Eisenbahnwesen wichtigen Zeitschriften sind besonders: Dingler's polyt. Journal; das polyt. Centralblatt; Karsten's Archiv; Crelle's Journal für die Baukunst; die Verhandlungen des preußischen Gewerbevereins; List's Eisenbahn-Journal; the London Railway-Magazine; the american Rail-road Journal.

Schiene springt oder bricht, so bleibt doch immer der volle Werth des Materials und ist nur der unbedeutende Gießer- oder Walzerlohn verloren. Die gebrochene Schiene kann durch eine neue, deren immer ohnedieß mehre in Vorrath bereit liegen müssen, von derselben Form auf der Stelle ersetzt werden, und der Transport wird keine Minute aufgehalten, da man der beschädigten Stelle leicht answeichen kann, wogegen vorzüglich bei Canälen, an den Dämmen, Schleusen, Fallthüren, Wasserleitungen, Behältern u. s. w. häufig kostbare und zeitraubende Reparaturen und Arbeiten vorfallen, und wegen einer einzigen, beschädigten Stelle sogleich die Fahrt auf dem ganzen Canal eingestellt werden muß, wo von Zeit zu Zeit die nöthige Räumung, das Ausschlagen des sich ansammelnden Schlammes, Ausrottung von Schilf und Unkraut oft lange Unterbrechungen der Fahrt verursacht. 8) Als der größte Vorzug der Canäle wird angepriesen, daß beladene Fahrzeuge in den Schleusen ohne alles Zuthun einer hebenden, oft beträchtlich erheischten Kraft, vom Wasser selbst gehoben werden, und daß mithin zum Aufwärtsschiffen selbst bedeutender Lasten von einem tiefern zu einem höhern Niveau, welches auf gewöhnlichen Straßen und auf Eisenbahnen eine außerordentliche Kraftanstrengung erfordert, diese gar nicht nöthig ist. — Freilich sind diese Schleusen eine höchst wichtige, nützliche und unentbehrliche Erfindung für die Canalschifffahrt, ohne welche diese nur auf ganz wagerechte Flächen, also auf sehr wenige und kurze Strecken beschränkt wäre, dagegen sind die zum Fortziehen der Schiffe gebrauchten Pferde die Zeit über müßig, unbenützt, während das Schiff in den Schleusen sich senkt oder hebt. — Es ist ein Verlust am Tagewerk, da doch Leute und Thiere für den ganzen Tag erhalten und bezahlt werden müssen. Bei einer sanft aufsteigenden Eisenbahn erleidet man, des Vorspanns oder der größern Maschinenkraft wegen, auch einen Verlust; allein er ist bei weitem geringer als bei Canalfahrten, und es kann dieser geringe Verlust durch die bald darauf folgende Schnelligkeit auf den Eisenbahnen nicht nur aufgewogen werden, sondern man wird bei den stets wohlfeilern Transportkosten noch Gewinn vor der Canalschifffahrt davon tragen. 9) Durch die bedeutende Schnelligkeit des Transportes auf den Eisenbahnen, wird jene langsame Schifffahrt auf dem Canale bei weitem übertroffen, da auf den Canälen der Widerstand des Fluidums keine bedeutende Geschwindigkeit zuläßt, wo jede Schleuse einen Aufenthalt von 10 — 30 Minuten verursacht, und besonders die Fahrten durch unterirdische Canäle und über die sogenannten Canalbrücken, die zur Fortsetzung der Niveaus an vielen Stellen über Bäche oder Thäler gebaut werden, äußerst langsam und beschwerlich ist, weil diesen unterirdischen Strecken und diesen Canalbrücken zur Verminderung der Baukosten meist nur eine solche Breite gegeben wird, daß das Schiff gerade durchgehen kann, Hindernisse und Verzögerungen, welche bei Eisenbahnen nicht vorkommen, auf welchen der Widerstand der Reibung durch größere Geschwindigkeit nicht vermehrt wird, und als die vollkommenste Ortsveränderung auf dem Festlande, von der Schnelligkeit der leichtesten Dampfböte kaum erreicht wird. 10) Eisenbahnen erfordern nur einen schmalen Strich Landes, selbst wenn sie doppelt neben einander angelegt sind, kaum $^1/_4$ der Fläche des kleinsten Canals mit seinen Ziehwegen, Dämmen, Böschungen, und da dieselben zwischen zwei gegebenen Punkten meistens auch kürzer ausfallen, entziehen sie dem Ackerbau weniger Land. 11) Eisenbahnen sind fahrbar, wenn Canäle oder Flüsse durch den Eisgang unbrauchbar sind oder im Sommer austrocknen. 12) Die Anlage der Eisenbahnen bietet weniger Schwierigkeiten des Terrains dar, und von all den unzähligen Hindernissen nichts, welche den Bau des schiffbaren Canals oft außerordentlich erschweren, sie an manchen Orten oft ganz unmöglich oder nur mit ungeheurem Kostenaufwand ausführbar machen. Anhöhen, welche bei einem Canalbau mit den beträchtlichsten Kosten durchschnitten, oder mittelst unterirdisch gewölbter Gänge (Tagestrecken, Tunnel) durchgegraben, oder mit langen Umwegen vermieden; Thäler, über welche zur Fortsetzung eines Canals im gehörigen Niveau hohe, breite und kostbare Steindämme oder noch kostbarere Canalbrücken erbaut werden müssen, können mit einer Eisenbahn, bei einer schicklichen Vertheilung des Steigens oder Fallens in kürzerer Richtung überfahren werden, und wenn auch bei diesen ebenfalls Erdarbeiten, Durchschnitte oder Erhöhungen nothwendig werden, so sind solche nie in eben dem Grade bedeutend.

Halten wir die Vortheile, welche von den künstlichen Verkehrsmitteln zu erwarten sind, vergleichend gegen einander, so ergiebt sich für die Eisenbahnen die Mehrheit derselben, wo es nämlich in Bezug auf Lage und Richtung, günstige Terrainverhältnisse und bei hinlänglich lebhaftem Verkehr der gesicherte Gewinn erlauben. Trefflich lehrt in dieser Rücksicht Ritter von Gerstner, daß, wo auf einer gegebenen Linie über 2 Millionen Centner jährlich zu verführen sind, und die Ausführung eines gegrabenen Canals mit keinen besondern örtlichen Schwierigkeiten und außerordentlichen Kosten verknüpft ist, diesem, vor allen andern bisher bekannten Mitteln zur Erleichterung des Transportes, der Vorzug gebührt. Bei jedem Frachtquantum, welches nicht über 2 Millionen und nicht unter 150,000 Centner jährlich beträgt, ist der Transport auf Eisenbahnen vortheilhafter als auf einem Canale. Wo hingegen nicht bedeutend mehr, als 150,000 Centner jährlich zu transportiren sind, da kann weder ein Canal noch eine Eisenbahn, sondern nur eine gewöhnliche Kunststraße mit Vortheil bestehen.

Es haben zwar in der neuern Zeit Versuche gezeigt, daß durch Dampfkraft auch auf Chausseen Fuhrwerke mit sehr großer Geschwindigkeit fortgeschafft werden können; allein es müssen diese Wagen, wegen der Dampfmaschine nothwendig sehr schwer sein, wenn man diese auch noch so leicht bauen würde. Denn die Räder müssen tüchtig eingreifen, wenn sie noch eine andere Last mit sich fortziehen und nicht blos gleitend drehen sollen. Es fragt sich daher, ob diese Dampffuhrwerke die Chausseen nicht so sehr zerstören werden, daß der Verlust gegen den Gewinn außer jedem Verhältniß und größer ist, als der Betrag der Zinsen der höhern Anlagekosten von Eisenbahnen. Man muß also wenigstens vor der Hand die Geeignetheit für die Benutzung der Dampfkraft zur Fortschaffung von Fuhrwerken den Eisenbahnen fast ganz ausschließlich zugestehen. *

* Aus dem Grunde, weil die vielfachen Versuche Chausseen mit Dampfwagen zu befahren, immer noch nicht genügend geglückt

Man kann die Eisenbahnen ihrem Zwecke nach eintheilen in:

1) Temporäre Eisenbahnen auf Baustellen;

2) in Eisenbahnen für Gütertransport insbesondere, und in

3) Eisenbahnen, besonders für den Transport von Reisenden.

Die Construction und Anordnung dieser drei Arten von Eisenbahnen ist nach ihrem Zweck verschieden, obwohl die Eisenbahnen zum Gütertransport gewöhnlich auch zum Personenverkehr benutzt werden und umgekehrt.

Der Construction nach zerfallen die Eisenbahnen zuvörderst in zwei Classen, in die liegenden und in die schwebenden.

I. Die liegenden Eisenbahnen sind entweder:

a) solche, deren Schienen aus mehren Zoll breiten Platten mit einem hervorstehenden Rande bestehen, die wir daher, wie schon weiter oben bemerkt, Rinnenschienen (trame-roads im Engl.) nennen. Diese Art von Eisenbahnen wird aber jetzt fast gar nicht mehr, und nur da angewendet, wo sie einmal vorhanden sind, wie z. B. bei manchen englischen Steinkohlenbergwerken. — Hierher gehören auch die Eisenbahnen mit gesenkten Schienen, d. h. mit solchen, die zu beiden Seiten einen hervorstehenden Rand haben und die weiter nichts sind, als eiserne Geleise. Man findet sie z. B. in den westindischen Docks in London, wo sie zum Transport der aus den Schiffen ausgeladenen Güter dienen, und auf vielen Brücken hier in Braunschweig, um die hölzernen Belegbohlen zu schonen. Eine allgemeinere Anwendung haben jedoch die eisernen Geleise nie erlangt.

b) Die Eisenbahnen mit platten und nur dünnen, der Länge nach von hölzernen Balken getragenen und auf dieselben befestigten eisernen Schienen, welche man die Amerikanischen nennt, weil bis jetzt die meisten Eisenbahnen in den Vereinigten Staaten so eingerichtet sind; auch ist diese Construction bei den Eisenbahnen in Böhmen und von Leipzig nach Dresden, von Braunschweig nach dem Harz angewendet. Sie sind jedoch nur in holzreichen Gegenden zu empfehlen.

c) Die flachen Eisenbahnen (edge-railroads), wo die Schienen, sogenannte Stabschienen, flach oder etwas abgerundet und die Räder der Wagen, mit denen sie befahren werden, mit einem hervorstehenden Rande an der innern Seite des Wagens versehen sind. Diese Stabschienen sind im Allgemeinen die besten und vollkommensten, und werden auch bei den größten Eisenbahnanlagen am meisten angewendet.

II. Die schwebenden oder Palmer'schen Eisenbahnen, bestehen nur aus einer Schienenreihe, die über dem Boden erhöhet ist und zweirädrige Wagen trägt, deren Kästen zu beiden Seiten der Räder herabhängen. Diese Bahnen stehen nur auf kurzen Strecken an einigen Punkten in England, beim Festungsbau in Posen, in einigen französischen Steinkohlenbergwerken ꝛc. in Anwendung.

Erstes Capitel.

Auswahl und allgemeine Bedingungen für eine Eisenbahn-Linie; Ueberwindung der Terrain-Schwierigkeiten. *

Es giebt in der ganzen Civilbaukunst wenig Gegenstände, die so genaue Kenntnisse und Erfahrungen und so ausgedehnte Uebersichten von dem Handel und Verkehr zwischen verschiedenen Punkten erfordern, als die Auswahl einer Linie für Eisenbahnen und Kanäle. Beide Fälle haben manches Aehnliche, jedoch hat ein jeder auch seine besondern, zu berücksichtigenden Eigenthümlichkeiten.

Vor allen Dingen ist eine genaue Kenntniß der Oberflächenverhältnisse der Gegend, durch welche eine Eisenbahn geführt werden soll, erforderlich, und eben so auch eine Kenntniß ihrer geologischen Beschaffenheit, d. h. der Gesteine, welche auf der Linie und in der Nähe der Eisenbahn vorkommen. Erzlagerstätten, Steinkohlen, Kalk, Mergel, Braunsteine ꝛc. erlangen, wenn sie sich in der Nähe einer Eisenbahn finden, einen großen Werth.

Auch das Interesse des Ackerbaues darf nicht außer Acht gelassen, und es müssen bei Anlage der Eisenbahn wo möglich solche Anordnungen getroffen werden, um den Vortheil der Landbesitzer, durch deren Besitzung die Eisenbahn geht, zu befördern. Denn auf der einen Seite hat die Anlage einer Eisenbahn viel Unbequemes und Nachtheiliges für den Landbesitzer, weshalb es nöthig ist, dieß durch Aufmerksamkeit auf jeden Umstand, der den Werth der Grundstücke zu erhöhen vermag, möglichst auszugleichen.

Bei der Berücksichtigung der Interessen eines Fabrikdistrictes, muß hauptsächlich die Zeit als wichtigstes Element bei allen gewerblichen Zwecken in Betracht kommen, und daher hat der Ingenieur besonders darauf Bedacht zu nehmen, daß die Eisenbahnlinie den möglichst kürzesten Weg nehme. Er muß den Umstand berücksichtigen, ob es vortheilhafter oder unvortheilhafter sei, kostbare Einschnitte oder Aufschüttungen bei gerader Linie zu machen, als dieselben bei Umwegen zu vermeiden. Stets muß man von

sind, lassen wir diese Maschinen in unserm Werk auch gänzlich unberücksichtigt.

* Nach Tredgold's practical treatise on railroads, 2d edit. London 1836, p. 111 etc. und Henze's „Bericht über Project und Vorarbeiten zu der Anlage einer Eisenbahn von Elberfeld über Hagen nach Witten." Elberfeld 1836, S. 29 ꝛc.

dem Grundsatze ausgehen, die wirklichen den scheinbaren Ersparungen vorzuziehen.

Das erste, was geschehen muß, ist ein genaues Nivellement der Gegend, welche von der Eisenbahnlinie durchschnitten werden soll, und da es die Grenzen dieses Werks überschreiten würde, das dabei anzuwendende Verfahren zu beschreiben, so bemerken wir nur, daß die Flüsse und Ströme eines Landes die sichersten Andeutungen von seinen Erhebungen und Vertiefungen und von den Veränderungen des Falles, dem erfahrenen Auge mit ziemlicher Genauigkeit angeben.*

Nur selten ist die Fläche, auf welcher eine Eisenbahn vorgerichtet werden werden soll, so eben oder so fest, daß sie gar keiner Nachhülfe bedürfte; man muß also im Allgemeinen die Mittel anwenden, welche bei dem Kunststraßenbau anzuwenden sind; in noch höherm Grade ist es aber bei den Eisenbahnen Hauptbedingung, sie so horizontal oder doch mit so geringem und gleichmäßigem Ansteigen und Fallen zu führen, als möglich.

Wir müssen daher zuvörderst die Hülfsmittel kennen lernen, welche die Kunst darbietet, um Terrainschwierigkeiten, in sofern sie auf die Neigungsverhältnisse einer Bahn Einfluß äußern, zu überwinden. Es lassen sich diese Mittel in folgende vier Classen bringen:

1) Ausgleichung der Unebenheiten des Bodens durch Einschnitte in den zu hoch liegenden und Anschüttungen auf den zu niedrig liegenden Strecken.

2) Anlage von unterirdischen Bahnstrecken oder Tagestrecken (Tunnels).

3) Verlängerung des Bahnzuges.

4) Anlage von stark geneigten Bahnstrecken, auf welchen die Ansteigungen concentrirt und die Lasten an Seilen, vermittelst stehender Dampfmaschinen aufgezogen oder niedergelassen werden.

1) Ausgleichung der Unebenheiten. — Abgesehen von Ansteigungen, welche, durch die gegenseitige Höhenlage der bestimmenden Punkte bedingt, den allgemeinen Neigungsverhältnissen einer Eisenbahn zum Grunde liegen, bildet in den allermeisten Fällen die Oberfläche des Bodens, über welchen sie geführt werden muß, eine ununterbrochene Reihe von Anhöhen und Vertiefungen untergeordneten Ranges, und diese schaden dem Effecte einer Bahn, welche allen diesen Bewegungen des Terrains folgt, ganz außerordentlich, weil die Last oft und nutzlos gehoben werden muß und daher eine größere Zugkraft erfordert. Dergleichen Unebenheiten werden durch Einschnitte in den Erhöhungen und durch Aufschüttungen in die Vertiefungen, die wir weiter unten näher kennen lernen werden, am wirksamsten ausgeglichen, und der vollkommenste Erfolg der Anwendung dieses Mittels ist, wenn in einer Bahn keine andern Steigungen übrig bleiben, als durch die verschiedene Höhenlage der bestimmenden Hauptpunkte bedingt werden, oder, was dasselbe ist, daß keine verlorne Steignung in der Bahn vorkömmt.

* Die graphische Darstellung eines solchen Nivellements auf der Eisenbahnlinie von London nach Birmingham, findet man auf den Taf. 20 bis 29 von Simms's vortrefflichem Werke: Public Works of Great Britain. London 1838.

Es giebt nur zwei Umstände, welche, von einer unbeschränkten Durchführung dieses Ausgleichungssystems abzustehen, bringende Veranlassung geben können und diese sind: Steigerung der ersten Anlagekosten und Verlängerung des Zeitraumes der Ausführung. Was den ersten Punkt betrifft, so muß die Entscheidung darüber ganz auf die Größe der Transportmasse begründet gesucht werden; betreffend den größern Zeitaufwand, welchen ausgedehntere Planirarbeiten erfordern, kommen die Zinsen des Anlagekapitals während der Bauzeit in Betracht, und auch hier muß das Ergebniß der Untersuchung den Ausschlag geben, ob die damit erzielte Vervollkommnung der Bahn sich auf ein so großes Förderquantum vertheilt, daß der Verlust dadurch reichlich aufgewogen wird. Die Ausgleichung der Unebenheiten erfolgt entweder durch Aufschüttungen oder Einschnitte.

a. Die Aufschüttungen oder Dämme (Embankements im Engl.)* dienen, wie bemerkt dazu, um Vertiefungen gegen das allgemeine Nivellement einer Eisenbahn auszufüllen. Man verfährt dabei wie bei dem Straßenbau im Allgemeinen, und wir müssen die dabei zu beobachtenden Regeln als bekannt voraussetzen und können uns nur auf einige Bemerkungen beschränken. Das an einen Damm zu machende Haupterforderniß ist Festigkeit, damit er sich nicht senkt, welches besonders bei rölligen, sandigen Erdmassen leicht geschieht, wogegen ein mehr oder weniger thoniger, mit Rollsteinen vermengter Boden eine weit größere Sicherheit gegen diese sehr nachtheilige Wirkung äußert. Man erreicht die nothwendige Festigkeit, wenn man bei dem Aufschütten mit Sorgfalt verfährt, alle Höhlungen vermeidet, den Schutt stets auseinander zieht, ihn feststampft, schwere eiserne Walzen darüber fährt und den Damm möglichst lange liegen, wenn es thunlich ist, ihn überwintern läßt. Allein unerachtet aller dieser Vorsichtsmaßregeln ist ein Setzen der Dämme kaum zu vermeiden; sie können daher oft erst nach wiederholter Herstellung fahrbar bleiben, und man muß daher anfänglich die Schienen auf hölzerne Querschwellen (Fig. 2 und 3, Taf. **XLIII** und **XLIV**), welche die Last besser vertheilen, und sie, nachdem das Setzen ganz aufgehört, bleibend fest legen.

Von großer Wichtigkeit ist die den Dämmen zu gebende Böschung, oder der Fallwinkel der Abhänge. Es läßt sich keine allgemeine Regel darüber geben, indem die Böschung sehr viel von der Beschaffenheit der Massen, aus denen die Aufschüttung besteht, abhängt. Bei der London- und Birmingham-Eisenbahn wurde contractmäßig bestimmt, daß die Böschungen das Verhältniß von 2 zu 1 haben müssen, d. h. wenn die Basis oder Sohle = 2, so muß die Höhe = 1 genommen werden; allein dieß ist wohl das Maximum einer Böschung. Die Böschungen werden mit Rasen bekleidet, und besteht das Land, welches dem Damme zur Basis dient, aus Acker, so muß die Ackererde weggenommen und zuletzt auf den Böschungen des Dammes gleichmäßig vertheilt werden, um diesen Boden zu besäen und auf diese Weise eine Rasendecke hervorbringen zu können,

* *W. Brunton*, Description of a practical and economical method of excavating ground and forming embankment for railways. London 1837.

indem eine solche sehr wesentlich für die Festigkeit der Dämme ist.

Gewöhnlich sind die Böschungen steiler als die obige; jedoch dürfen sie nicht zu steil sein und es ist eine kühne Anordnung, wenn man, wie auf der Eisenbahnstrecke von Leeds nach Selby, einem 51 Fuß hohen Damme nur 32 Fuß Böschung gegeben hat, wenn gleich die Erde mit trockenem, unten 6½ Fuß dickem Mauerwerk bekleidet ist.

Die Breite der Krone oder der obern Fläche der Dämme ist verschieden, je nachdem man eine einfache oder eine doppelte Eisenbahn legen will; sie darf bei hohen Dämmen und auf sehr viel benutzten Bahnen nie zu gering sein, damit während einer Reparatur oder Erhöhung des Dammes, neben der Hauptbahn Hülfsbahnen gelegt werden können. — Die Breite des **Banketts**, d. h. desjenigen Theils der Krone, der zu beiden Seiten neben den Schienen befindlich, ist auf den verschiedenen existirenden Eisenbahnen ebenfalls verschieden; 4 bis 5 Fuß sind hinreichend, schmäler sollten sie nicht gemacht werden, obwohl man in England bei einigen Dämmen sehr frequenter Bahnen, nur eine Bankettbreite von 2 Fuß findet.

Am Fuße der Böschungen macht man (s. Fig. 2, Tafel XLIII) kleine Gräben zur Ableitung des Regenwassers. Auch längs der Dämme und quer durch dieselben sind Canäle zur Ableitung der Feuchtigkeit (Culverts im Engl.) angebracht, wie man aus derselben Tafel ersieht. Häufig sind diese Canäle nur sehr einfach aus zwei dachförmig zusammengestellten unbehauenen Steinplatten gebildet, oft aber aber auch weiter und höher, und bestehen aus einer vollständigen Gewölbmauerung. Es würde uns zu weit führen, hier nur die wichtigsten von diesen Anlagen und Constructionen zu beschreiben und durch Abbildungen zu erläutern. Der ausübende Architect, der sich näher davon unterrichten muß, wird auf die beiden trefflichen Werke von **Simms** und **Brees** verwiesen, die bei der Anlage von Eisenbahnen unentbehrlich und weit nützlicher sind, als eine flüchtige Reise von wenigen Wochen nach den großen englischen Eisenbahnen.

Der großartigste Damm ist unstreitig der, auf welchen die Eisenbahn von St. Petersburg nach Zarskoe-Selo und Pawlowsk gelegt worden. Er ist 3½ deutsche Meilen lang, seine mittlere Höhe beträgt 10½ Fuß, die obere Breite 17½ Fuß und die beiderseitige Böschung wenigstens 1 : 1½, streckenweise auch mehr. Auf diesem colossalen Damm liegt eine Lage von großen, dann mittlern und dann kleinen zerschlagenen Steinen von 12 Fuß Breite und 12 bis 14 Zoll Höhe.

Statt der Dämme werden zur Ausfüllung von Vertiefungen auf der Eisenbahnlinie, vorzüglich wenn dieß mehr oder weniger breite Flußthäler sind, **Brücken** und **Viaducte** angewendet. — Die **Brücken**, welche auch bei Uebergängen über Chausseen oder bei Uebergängen dieser letztern über Eisenbahnen angewendet werden, können von Stein, von Holz, oder von Gußeisen construirt werden; es können auch Hängebrücken sein. Die **Viaducte** bestehen aus Stein und unterscheiden sich im Allgemeinen gar nicht von den Brücken, nur gleichen sie die Vertiefungen ganzer Thäler aus, wie z. B. der der Midland-Counties-Eisenbahn, welcher durch das Thal des Avon führt und aus eilf Bögen, jeder von 50 Fuß Spannung besteht.

Die von London nach Greenwich führende Bahn läuft gänzlich auf einem solchen Viaduct über die Straßen von einem Theil Londons weg. (Simms, Taf. 65—70, Brees, Tafel 44 — 46.) Hölzerne, auf Pfählen ruhende Brücken, sind auch sehr zweckmäßig, wenn die Bahn über einen Morast geführt werden muß, wie man dieß bei den Bahnen in Amerika wiederholt findet. Alle diese Constructionen sind Gegenstand der gewöhnlichen Baukunst, weshalb wir uns hier auch nicht weiter dabei aufhalten können.

b. **Einschnitte** (Cuttings, engl.). Da wo geringe Erhöhungen des Bodens in gleiches Niveau mit einer Eisenbahnlinie zu bringen sind, macht man Einschnitte, so wie dieß auch bei den gewöhnlichen Kunststraßen der Fall ist. Man giebt den Abhängen zu beiden Seiten eine Böschung, deren Winkel nach der Beschaffenheit der zu durchschneidenden Massen verschieden ist; lose Massen müssen, um zu stehen, einen großen, feste können einen kleinen Böschungswinkel bekommen, ja feste Gesteine können mit senkrechten Wänden durchschnitten werden. Um sehr flache und vielen Raum erforderliche Böschungen zu vermeiden, führt man auch wohl Mauern auf, die nur einen geringen Böschungswinkel zu haben brauchen oder nach einer Curve construirt sind. Längs des Fußes der beiden Abhänge führt man einen Graben zur Ableitung des Wassers. Darstellungen von solchen Einschnitten verschiedener Art findet man ebenfalls in den beiden mehrerwähnten englischen Werken.

2) **Unterirdische Bahnstrecken**, welche schon längst beim Canal- und Straßenbau zweckmäßige Anwendung da gefunden haben, wo die Natur der Durchführung dieser Anlage unüberwindliche Schwierigkeiten in den Weg gelegt zu haben schien, sind in neuerer Zeit und in ganz ähnlicher Art beim Bau der Eisenbahnen benutzt worden, und bilden dieselben oft das einzige Auskunftsmittel, um das Ziel zu erreichen. — Man wählt diese **Tagestrecken, Straßenstollen** (Tunnels im Engl.) dann, wenn die Einschnitte zu tief werden und als solche gar nicht ausführbar sind.

Eine Hauptbedingung bei der Anlage unterirdischer Strecken ist: daß der zu durchbrechende Bergrücken sich frei erhebt, und das Terrain auf beiden Seiten desselben keine bedeutend größere Höhendifferenzen darbietet, als mit den allgemeinen Neigungsverhältnissen der Bahn verträglich ist. Diese Bedingung erledigt sich in der Regel da weniger vollständig, wo eigentliche Wasserscheiden durchbrochen werden sollen, als bei einem Durchgange einzelner Verzweigungen eines Gebirges oder scharf vortretender Köpfe an den Wänden der Flußthäler. Im ersten Falle müssen gewöhnlich vor und hinter dem Tunnel ausgedehnte Strecken tief eingeschnitten werden, selbst wenn die, fast immer zu stark ansteigenden Seitenschluchten, zur Führung der Bahn angehalten sind. Durch die Absenkung eines Thales werden aber alle Wasser, welche dem Gebiete desselben angehören, auf dem tiefsten Punkte in gleicher Ebene mit der Bahn gelöset, und es kann dasselbe nur durch starke Einschnitte neben derselben abgeführt werden. Das vortheilhafteste Verhältniß bei Durchbrechung eines Wasserscheiders ist unstreitig, wenn bei Ersteigung desselben, auf beiden Seiten Querthäler benutzt werden können, deren Ursprünge nicht auf einander zu treffen, sondern seitwärts über einander hinausreichen, so daß vermittelst eines unterirdischen

Querschlages an solchen Stellen mit der Bahn aus einem Thale in das andere, nach der entgegengesetzten Richtung abfallende, zu gelangen ist, wo dieselben noch ausreichende Breite zur Anlage weiter Bögen und ein so mäßiges Gefälle besitzen, welches lange und tiefe Einschnitte vor den Eingängen der unterirdischen Strecke entbehrlich macht.

Bei dem Entwurfe einer unterirdischen Strecke kömmt es zunächst und ganz besonders auf die Erkennung der Bodenart und die Lagerung der Schichten in dem zu durchbrechenden Rücken an, ersteres, um die Constructionsart festzustellen, letzteres um beurtheilen zu können, welchen Bezirken durch die niedrigere Lösung das Wasser entzogen wird und bis zu welcher Tiefe. Das günstigste Verhältniß bei Anlage einer unterirdischen Strecke ist ohne Zweifel, wenn dieselbe durch ganz festes Gestein geführt werden kann, welches bei der erforderlichen Breite der Ausbrechung ohne Unterwölbung steht, daher keine andere Arbeiten und Kosten verursacht, als die der Stollentreibung. Ein minder festes und klüftiges Gestein, bei welchem die Ablösung einzelner Massen befürchtet werden muß, besonders wenn es hochgeschichtet erscheint, erfordert theilweise Ausmauerung, wodurch diese Anlagen sehr vertheuert werden. Schwieriger wird der Bau schon, wenn der zu durchstechende Grund aus Lehm oder Erde besteht, welcher bei der bedeutenden Breite der Aushöhlung, Fuß vor Fuß nach allen Richtungen hin abgesteift werden muß, wodurch das Weiterdringen, die Förderung des Materials, besonders aber die Ausmauerung und Ueberwölbung auf das äußerste belästigt werden. Nur durch einen großen Kostenaufwand für Verstärkung des Mauerwerkes, ist der Mangel an einigem Zusammenhange desselben, welcher eine nothwendige Folge der vereinzelten Ausführung des Werkes ist, zu ersetzen. Am allerungünstigsten, oft vielleicht unausführbar, jedenfalls mit unglaublich hohen Anlagekosten verbunden, erscheint die Ausführung einer unterirdischen Strecke durch eine, aus Sandschichten bestehende Anhöhe. Hier häufen sich die Schwierigkeiten der Ausführung in einem solchen Maaße, und die Gefahr einer Verschüttung der Arbeiter (wie vor zwei Jahren in einem Tunnel der London-Birmingham Eisenbahn) oder eines Tagebruches liegt so nahe, daß nur die äußerste Nothwendigkeit einen solchen Versuch rechtfertigen kann.

Brauchen die Tunnels nicht sehr lang zu werden, so beginnt man sie zu beiden Seiten der Abhänge des zu durchtreibenden Bergrückens; ist ihre Länge aber bedeutend, so muß ein anderes Verfahren angewendet werden, theils um ihren Betrieb zu beschleunigen, theils um ihnen die erforderliche Luft zuzuführen, welches letztere um so nöthiger ist, damit der von den Dampfwagen entwickelte Rauch möglichst schnell aus diesen Bahnstrecken abgeführt werde. Man beginnt unter diesen Umständen den Betrieb, der stets am zweckmäßigsten von Bergarbeitern geführt wird, nicht allein von beiden Endpunkten des Tunnels, sondern senkt auch von der Gebirgsoberfläche mehre Schächte bis auf die Sohle des Tunnels ab und treibt von dem tiefsten Punkt oder dem Gesenk der Schächte aus, zu beiden Seiten der Tunnellinie, sogenannte Oerter, d. h. Stücken vom Tunnel, die alsdann zusammenfallen. So ist z. B. die 1600 Fuß lange Tagestrecke bei Oberau, auf der Bahn von Leipzig nach Dresden, von zehn verschiedenen Punkten

angegriffen, und es arbeiten dort an 240 Bergleute, die sich zu verschiedenen Malen des Tags ablösen, so daß alle 8 Stunden frische Arbeiter kommen, um eine möglichst schnelle Vollendung der Anlage herbeizuführen. Man hat zu dem Ende vier Schächte niedergebracht. — Da, wo das durchschnittene Gebirgsgestein nicht ganz fest ist, so daß es gar keiner Unterstützung bedarf, ohne Einbrüche befürchten zu müssen, muß es zuvörderst mit Holz unterstützt, oder in eine sogenannte verlorne Zimmerung gesetzt und dann, wie schon bemerkt, ausgemauert werden, wobei man am zweckmäßigsten römischen Cement als Mörtel anwendet. Man giebt der Gewölbmauer gewöhnlich eine elliptische Form und sichert auch die Sohle durch einen liegenden Bogen, in dessen Mitte, längs des ganzen Tunnels ein Canal zur Ableitung des Wassers vorgerichtet und auf welchem Schutt aufgeschüttet wird, der als Planum für die Bahn dient. Es enthalten besonders die Taf. 28 — 32 und 50 von der Railway practice recht interessante und lehrreiche Details über den Tunnelbau, auf welche, so wie auf Bd. IV unserer Bearb. von „Villefosse Mineralreichthum“ (Weimar 1838), wir verweisen. — Ein Tunnel für eine einfache Bahn ist breit genug, wenn etwa 2 Fuß Raum an jeder Seite zwischen der Wagenladung und der Wand, und oben 2 ½ Fuß Raum zwischen der Ladung oder dem Dampfwagen und der Decke bleiben. Ist aber der Tunnel, wie es doch meistens der Fall ist, auch für den Personenverkehr bestimmt, so ist ein wenigstens 3 Fuß breiter Raum zwischen den Wänden und der Decke der Personenwagen nöthig. Die Hauptbedingung der Höhe sind die Essen der Dampfwagen, die ungefähr 12 Fuß über die Schienen erhaben sind. Der über eine engl. Meile lange Tunnel bei Liverpool, der nur zum Personenverkehr dient, ist an 24 Fuß breit und über 16 Fuß hoch.

Die Tunnels sind stets ein nothwendiges Uebel für Eisenbahnen und daher möglichst zu vermeiden. Sie sind kostbar in der Anlage, und wegen der nothwendigen Beleuchtung auch in der Unterhaltung, außerdem feucht und ungesund und wenn sie lang sind, sehr unheimlich zu befahren. —

3) **Verlängerung der Bahnlinie.** Dieses bei dem Bau von Landstraßen im Gebirge häufig angewendete Mittel zur Ermäßigung der natürlichen Ansteigung zwischen zwei gegebenen Punkten von sehr verschiedener Höhenlage, verfehlt niemals seinen Zweck, und nur außerordentliche Terrainschwierigkeiten können in manchen Fällen die Anwendung desselben verhindern. So lange es sich nur um eine mehr ins Allgemeine gehende Verlängerung einer Linie handelt, findet dieses Mittel ebensowohl bei Eisenbahnen als bei Landstraßen eine ausgedehnte Anwendung; soll aber dasselbe bei einzelnen zu stark ansteigenden Strecken aushelfen, dann unterliegt es großen Einschränkungen bei der Anwendung auf Eisenbahnen, wo solche Krümmungen, welche bei Landstraßen noch sehr günstig genannt werden können, den Effect außerordentlich schwächen, und die Schnellbeförderung gefährlich machen würden. Dergleichen Bahnverlängerungen werden daher nur zulässig, wenn sie auf einem so ausgebreiteten Terrain vorgenommen werden können, daß es die Entwickelung der Linie in so vielen Bögen gestattet, daß durch ihren Einfluß keine der beiden angedeuteten nachtheiligen Wirkungen hervorgebracht oder

diese doch so unbedeutend werden, daß sie nicht weiter in Betracht kommen. Je größer die Ausdehnung der Bahn zwischen zwei Punkten in Vergleich mit der sie verbindenden geraden Linie werden muß, desto mehr und stärkere Krümmungen erhält dieselbe auch, womit, außer den so eben bemerkten Nachtheilen, auch noch einige andere herbeigeführt werden. In den Krümmungen leidet eine Eisenbahn erfahrungsmäßig mehr, als auf graden Strecken, und aus diesem Grunde müssen die Schienen und die ganze Construction stärker angeordnet werden, während die Unterhaltung dieser Strecken nicht minder kostspielig wird. Auch die Verlegung des Gestänges in den Krümmungen ist viel schwieriger, als auf geraden Linien, wodurch die Anlagekosten merklich erhöht werden. Die Mittel, welche gewöhnlich zur Vermeidung des nachtheiligen Einflusses der Krümmungen auf den Effect und die Sicherheit des Eisenbahntransports angewendet werden, sind in ersterer Beziehung eine konische Form der Radfelgen, wodurch die Seitenreibung beinahe ganz, die auf der Oberfläche aber größtentheils vermieden wird; in anderer, die Höhenlagerung des äußeren Schienenstranges, wodurch der Centrifugalkraft des sich im Bogen schwingenden Wagenzuges, das Gleichgewicht gehalten wird. Wir kommen später wieder darauf zurück.

4) Stehende Dampfmaschinen. Wenn der größte Theil des Gefälles einer Eisenbahn, oder einer Abtheilung derselben, auf einer sehr kurzen Strecke concentrirt erscheint, eine Verlängerung der Bahn also nicht mit vortheilhaften Neigungen oder angemessenen Krümmungen bewirkt werden kann; so bleibt die Anlage der stehenden Dampfmaschinen, vermittelst welcher die Lasten an Seilen über stark geneigte Bahnstrecken aufgezogen oder niedergelassen werden, das letzte Mittel, um eine Eisenbahn durch ein so gestaltetes Terrain zu führen. Dergleichen Anlagen sind nicht selten in Anwendung gebracht worden, und es fehlt daher nicht an Erfahrungen in Bezug auf die Bedingungen, von welchen ihre Anordnung abhängig ist.

Es läßt sich im Allgemeinen annehmen, daß die Neigungen der schiefen Ebenen mit den Längen derselben im umgekehrten Verhältniß stehen, namentlich bei den Bahnen, welche mit zum Personenverkehr bestimmt sind. Die schiefen Ebenen werden jetzt gewöhnlich doppeltgeleisig eingerichtet, und auf denselben vermittelst eines Seiles ohne Ende gefördert, so daß die eine Bahn für die aufwärtsgehenden, die andere für die niedergehenden Lasten ausschließlich bestimmt ist. Hochdruckmaschinen, welche kein, auf dem Scheitel der Bahn gewöhnlich seltenes, Condensationswasser gebrauchen, dienen jetzt vorzugsweise zur Erzeugung der bewegenden Kraft. Ob bereits Drahtseile angewendet sind, ist nicht bekannt geworden; da sie aber beim Grubenbau günstige Resultate gegeben haben; so scheinen sie auch auf schiefen Ebenen mit Nutzen eingeführt werden zu können.

Wenn nun einerseits durch Anordnung schiefer Ebenen, durch stehende Dampfmaschinen bedient, alle Terrainschwierigkeiten, sofern sie aus zu starker Neigung entspringen, überwunden werden können, so ist auf der andern Seite diese Förderungsart als sehr mangelhaft zu betrachten, und das System, bei dessen Annahme ohne sonderliche Mühe eine Bahn überall durchgeführt werden kann, als ein den jetzigen Anforderungen des Verkehrs nicht mehr entsprechender Nothbehelf zu bezeichnen, namentlich wenn die Eisenbahn zum Personentransport dienen und mit Locomotiven auf derselben gefördert werden soll.

Als die Eisenbahnen nur zum Güter-, vorzugsweise zum Kohlentransport, dienten, wobei eben so wenig eine große Geschwindigkeit der Beförderung als eine absolute Sicherheit erforderlich war, bildeten die dabei häufig in Anwendung gebrachten schiefen Ebenen kein großes Hinderniß, vielmehr trugen sie dazu bei, die ersten Anlagekosten der Bahn zu ermäßigen und große Terrainschwierigkeiten zu überwinden. Die erste Eisenbahn, auf welcher sich zuerst ein bedeutender Personenverkehr gestaltete, war die Stocton-Darlingtoner; die beiden stehenden Dampfmaschinen dieser Bahn befinden sich aber am obern Ende derselben in der Nähe der Kohlengruben, und werden nicht zur Personenbeförderung benutzt, welche sich auf die untere Strecke zwischen Stocton und Darlington beschränkt. Am Ende der Liverpool-Manchester Eisenbahn wird mittelst stehender Maschinen auf zwei schiefen Ebenen gefördert, davon die mit $^1/_{48}$ geneigte nur zum Güter-, die andere mit $^1/_{90}$ ansteigende zum Personentransport dient. Beide liegen aber unterirdisch; die Förderung mit Locomotiven wurde auf Strecken von circa 6000 Fuß Länge für unzulässig gehalten, und durch die betreffende Parlamentsacte untersagt, sonst würde die Neigung von $^1/_{90}$ kein Hinderniß gewesen sein, da die Sutton-Ebene derselben Bahn, auf welcher mit Locomotiven gefördert wird, im Verhältniß von $^1/_{89}$ ansteigt. Außerdem finden sich nur einige Hauptbahnen in England, auf welchen Personen mit stehenden Dampfmaschinen befördert werden, z. B. die London-Birmingham-Bahn; dagegen sind sie auf mehren Zweigbahnen nicht selten. So findet man z. B. auf der von St. Helens-Runeorn, auf der Liverpool-Manchester-Linie, schiefe Ebenen von 100, höchstens 350 Ruthen Länge, auf welchen außer den Gütern auch Personen, aber in sehr geringer Zahl und sehr langsam befördert werden. Auf allen übrigen im Bau begriffenen oder projectirten Eisenbahnen Englands, und selbst Nordamerika's, sind die stehenden Dampfmaschinen möglichst vermieden, und durch Tunnels, Brückenleitungen und andere kostspielige Anlagen entbehrlich gemacht worden. Die Direction der Columbia-Eisenbahn ist so weit gegangen, in Vorschlag zu bringen, eine 15 englische Meilen lange Eisenbahnstrecke ganz neu zu bauen und gleichzeitig die Bahn $1^1/_2$ Meilen zu verlängern, nur um eine bestehende schiefe Ebene zu umgehen und eine freie Ansteigung von $^1/_{210}$ zu erlangen. Aehnliche Vorschläge sind bei der Baltimore-Ohio-Bahn gemacht worden, und zur Vermeidung einer Fahrt über die beiden schiefen Ebenen der Albany-Shenectady-Bahn wird der Bau einer besondern Bahn nach letzterm Orte beabsichtigt. Forscht man nach Gründen, welche die Anwendung der stehenden Maschinen auf schiefen Ebenen so ängstlich vermeiden lassen, und weshalb ein so großer Werth darauf gelegt wird, ihrer bei den neuern und größeren Anlagen nicht zu bedürfen, so ergiebt sich bald, daß: theils Steigerung der Förderkosten, theils Verzögerung der Fahrt und theils Mangel an Sicherheit von dieser Betriebsart unzertrennlich sind; Gründe genug, um von ihrer Anwendung abzurathen. Um die Größe und den Einfluß der eben angedeuteten Verhältnisse im Allgemeinen beurtheilen

zu können, wird eine Beleuchtung derselben ausreichen, da eine erschöpfende Critik weit über die Grenzen dieses Werks hinausreichen dürfte.

A. Steigerung der Förderkosten. — Die Unterhaltung der Maschinen, Kessel und Gebäude, besonders aber der Seile und der Rollen, auf welchen diese laufen, das Brennmaterial zur Dampferzeugung und die Bedienung der Maschine und Wagenzüge, erfordern sehr bedeutende Ausgaben, welche indessen ziemlich constant sind, und nicht in dem Verhältniß des Verkehrs anwachsen.

Diese Kosten müssen aber nichts desto weniger von den Transportmassen getragen werden, und in sofern wirken diese Anlagen allerdings auf Vermehrung der Förderkosten. Für den Gebrauch der schiefen Ebenen wird daher auf den Eisenbahnen eine besondere Abgabe erhoben, welche, auf preußisches Gewicht und Geld reducirt, z. B. auf der Stocton-Darlington- und der Edinburgh-Dalkeith-Bahn 6 Pfennige, und auf der Bolton-Leigh-Bahn, aufsteigend 8, niedergehend 3, im Mittel 5½ Pfenning für den Centner beträgt. Eine so bedeutende Abgabe von einer großen Transportmasse erhoben, würde aber in den meisten Fällen, capitalisirt, die Anlage einer weit vorzüglicheren Bahn ohne dergleichen Maschinen gestattet haben.

B. Verzögerung der Fahrt. — Die Natur der Sache bringt es mit sich, daß auf schiefen Ebenen nur mit geringer Geschwindigkeit gefördert werden kann, und auf einer der besten, der St. Helens-Runcorn-Bahn werden Güter mit 10 Fuß, Passagiere nur mit 5 Fuß Geschwindigkeit in der Secunde befördert.

Um eine z. B. 500 Ruthen lange schiefe Ebene zu passiren, ist demnach ein Zeitraum erforderlich von 20 Minuten

Die Zeit zur Umwechslung der Pferde mit der Maschinenbespannung, Signalisirung, beträgt gewöhnlich . . . . 4 Minuten

Desgleichen bei der Umwechslung nach Ersteigung der Ebene . . . . 3 Minuten

zusammen 27 Minuten

was etwa 4 Fuß in der Secunde giebt.

Gegen die Pferdeförderung im Schritt wird daher noch ein kleiner Zeitraum erspart; eine Locomotive würde aber in der Zeit den dreifachen Weg zurückgelegt haben, abgesehen davon, daß durch die, schon lange vor Erreichung der schiefen Ebene nothwendig werdende Abnahme der Geschwindigkeit ein Zeitverlust entsteht.

Bis jetzt wird auf den schiefen Ebenen der Liverpooler-Bahn gleichzeitig keine größere Last als von 500 Centner gehoben, wobei doch das Seil häufig zerreißt; sobald daher der Zug mehr als dieses Gewicht hat, wird er schon in zwei Abtheilungen gebracht, welche abgesondert befördert werden. Ein solcher Zug gebraucht also die doppelte Zeit, was etwa 2 Fuß Geschwindigkeit in der Secunde für die ganze Beförderung giebt, also schon bedeutend weniger, als die des Pferdes im Schritte.

Der wichtigste Einwurf gegen stehende Dampfmaschinen auf Eisenbahnen zum allgemeinen Verkehr ist aber:

C. der Mangel an Sicherheit. — Den Verkehr im Allgemeinen betreffend, sieht man leicht, daß derselbe auf der ganzen Bahn unterbrochen wird, wenn ein Theil der Maschine, oder des sehr complicirten Zubehörs, defect wird, ein Fall, der beim ausschließlichen Dampfwagen- oder Pferdebetrieb nicht vorkommen kann, weil durch bereit stehende Reservemaschinen oder Pferde jede Stockung verhindert oder sofort beseitigt werden kann.

Das Zerreißen des Zugseiles, an welchem die Lasten aufgezogen oder niedergelassen werden, ist der am häufigsten vorkommende, wie der verderblichste Unfall auf schiefer Ebene. Die, im Jahre 1834 auf der Columbia-Philadelphia und der Alleghany-Portage, im Jahre 1835 auf der St. Etienne-Bahn, durch das Zerreißen der Zugseile herbeigeführten Unfälle, zeigen nicht weniger als die, von dem Dr. Lardner in den Evidences zum Great Western Railway, angegebene Thatsache, wie das Seil der großen Liverpooler, mit $1/_{48}$ geneigten schiefen Ebene, öfters, ja in einer Woche zweimal gerissen ist, und die hinunterlaufenden Wagen ganz zerschellt worden sind, was man bei einem solchen Vorkommen zu erwarten hat. Und demnach ist es äußerst schwierig, bei so langen Seilen eine schwach gewordene Stelle aufzufinden, und fast unmöglich, zu beurtheilen, wann es Zeit ist, ein Seil, welches bis zum letzten Augenblick seines Gebrauches die vollkommenste Sicherheit gewähren muß, mit einem neuen zu vertauschen. Zerreißt das Seil beim Aufgange der Last, so kommt der Zug einen Augenblick zum Stillstande, und rollt dann mit Beschleunigung zurück. Bei genauer Beobachtung und Geistesgegenwart des Führes, kann, wenn die schiefe Ebene nicht zu lang oder zu stark geneigt ist, durch Bremsung oder andere Hülfsmittel die Gefahr abgewendet werden; beim Niedergange aber, wo der Zug schon eine gewisse Geschwindigkeit in der Richtung des Falles hat, bleiben alle Hülfsmittel gänzlich erfolglos, so viel Vorschläge auch gemacht worden sind, um unter solchen Umständen das Wachsen der Geschwindigkeit zu verhindern.

Mit dem Zerreißen des Seiles gleich gefährlich ist der Bruch oder die Auflösung eines Verbindungsgliedes der den Zug bildenden Wagen, unter sich oder mit dem Seile. Das plötzliche Zerbrechen eines Theiles der Maschine oder ihrer Verbindung mit dem Seile ist in sofern weniger gefährlich, als in einem solchen Falle, wenn die große Bremse an der Maschine in Thätigkeit gesetzt wird, der Zug zum Stillstand gebracht, oder doch die Beschleunigung desselben aufgehoben werden kann. Bei der größten Vorsicht in der Anordnung und der Beaufsichtigung, ist immer noch das allergenaueste Zusammentreffen der Wirksamkeit verschiedener, oft sehr weit von einander entfernter Personen unbedingt erforderlich, um Sicherheit zu verbürgen, während durch eine Unachtsamkeit, einen Irrthum oder Verwechselung der Signale das Leben und die Gesundheit vieler Menschen aufs Spiel gesetzt wird. — Auf die Anordnung der schiefen Ebenen oder Bahnrampen und ihre spezielle Beschreibung, kommen wir weiter unten, bei den Transportmitteln, zurück.

Zweites Capitel.

Von den Eisenbahnschienen und deren Fundamentirung im Allgemeinen, so wie von den Bedingungen einer guten Eisenbahn-Construction.

Man unterscheidet, in Beziehung auf das Material, aus dem die Eisenbahnschienen dargestellt werden, guß- und schmiedeeiserne, die wir beiderlei zuvörderst im Allgemeinen betrachten und dabei auch von ihrer Form reden wollen.

Gußeiserne Schienen. — Vor dem Jahre 1810 kannte man nur gußeiserne Schienen, jedoch werden sie jetzt nach und nach durch die gewalzten gänzlich verdrängt werden. Unter gewissen Umständen, da wo Gießereien in der Nähe, Walzwerke mit Vorrichtungen zur Anfertigung der Schienen aber entfernt sind, oder wenn man bei Hüttenwerken selbst Schienenwege anlegen will und dann das Roheisen, welches zu Schienen vergossen wird, nicht zu berechnen braucht, ferner bei temporären Eisenbahnen, bei großen Bauen ꝛc., haben freilich die gußeisernen Schienen häufig den Vorzug vor den gewalzten.

Die Anfertigung der gußeisernen Schienen hat keine Schwierigkeiten und kann in jeder Gießerei durch Ladenguß ausgeführt werden. Man muß dazu gutes graues und kein weißes oder halbirtes, brüchiges Roheisen nehmen. Die Formen sind sehr verschieden. In Bergwerken und auch zur Tageförderung bei Berg- und Hüttenwerken, haben sie gewöhnlich einen rechteckigen Durchschnitt, wie Fig. 10, Taf. XLV, und sind häufig mit Laschen versehen, mittelst denen sie an die hölzernen Stühle aufgenagelt sind. Eine andere Form ist die Fig. 7 und 8, Taf. XLV, abgebildete; sie ist bei mehreren bedeutenden Eisenbahnen angewendet, z. B. bei der Darlington-Bahn. Je höher die Verstärkungsrippe gemacht wird, oder je stärker die Kurve derselben ist, um so größer wird auch deren Tragkraft sein, um so bedeutender aber auch das Gewicht der Schiene. Die Breite der Schienen und der aufrechtstehenden Rippe derselben, worauf es hier wesentlich ankommt, kann nämlich bei der Ausführung von Gußeisen nicht füglich geringer als $^1/_2$ Zoll genommen werden, weil es bei schwächern Dimensionen durch die zu schnelle Abkühlung an den Wänden der Form weiß und spröde wird. Es ist hierdurch eine Gränze gegeben, welche namentlich bei Schienen, deren Gewicht überhaupt nur gering sein soll, die weitere Vermehrung der Tragkraft durch größere Höhe der Verstärkungsrippe bedingt. Um diesem Uebelstande zu begegnen, schlägt der Herr Geheime-Oberbergrath von Dechen in Berlin (Karsten's Archiv f. Mineralogie ꝛc. VI, 380 ꝛc.) vor, die aufrechtstehende Rippe nicht voll, sondern durchbrochen zu gießen, so daß dieselbe aus einer untern, nach der Ellipse geformten Leiste und aus senkrechten Trägern besteht, die in gleichen und angemessenen Entfernungen die obere Leiste oder eigentliche Schiene unterstützen. Fig. 9, Taf. XLV, giebt eine Abbildung von solch einer gußeisernen Schiene. Die Eisenstärke in der untern bogenförmigen Leiste und in den senkrechten Trägern kann hierbei bis auf $^1/_2$ Zoll vermindert werden, und dennoch ist die ganze Fläche des Querschnittes, bei einer beträchtlichen Höhe nicht größer, als bei den vollgegossenen Schienen, welche eine viel geringere Höhe haben. Hr. v. Dechen ließ solche Schienen gießen und unterwarf ihre Tragkraft einer strengen Prüfung, die sie sehr gut bestanden, indem sie bei gleichem Gewicht und gleicher Länge viel größere Lasten tragen können, ehe sie brechen, als die vollgegossenen Schienen. Wir kommen weiter unten auf die Tragkraft dieser Schienen zurück.

Es haben dieselben außerdem in der Anwendung noch folgende Vorzüge vor den vollgegossenen voraus.

1) Sie können ohne eine beträchtliche Vermehrung des Gewichts, auf eine Längeneinheit bezogen, beträchtlich länger gemacht werden, als die vollgegossenen Schienen, deren Gewicht bei größerer Länge (als $3^1/_2$ Fuß) sehr rasch zunimmt. Hierdurch wird eine wesentliche Ersparung, sowohl an den gußeisernen Stühlen als auch an den Materialien herbeigeführt, worauf diese Stühle befestigt werden und welche, namentlich bei Fundamentalsteinen, sehr kostbar ausfallen.

2) Dieselben brauchen nicht so hoch über die Bahn, worauf die Pferde gehen, gehoben zu werden, als die vollen Schienen, weil das Wasser von der Bahn einen ungehinderten Abfluß zwischen den senkrechten Trägern und unter der obern Leiste der Schienen findet, und dieser Umstand führt zu einer neuen Ersparung an dem Gewichte der gußeisernen Stühle, durch welche diese Erhöhung hervorgebracht werden muß, und vermindert auch den Nachtheil, der aus einer Verengung der Bahn durch die Fundamentsteine herbeigeführt wird. Hiernach würde diese Schienen-Construction sehr zu empfehlen und gleich im Großen ausführbar sein, wenn nicht der Umstand, daß der mittlere Theil der untern Leiste dabei nothwendig in den Boden zu liegen kommt, besonders im Winter, wo dieser letztere friert, das Bedenken erregte, daß dadurch der Haltbarkeit dieser Schienen ein wesentlicher Nachtheil zugeführt werden könnte. Dennoch würden Versuche mit denselben sehr wünschenswerth sein. Sie haben bei einer Länge von 6 Fuß im Gießen keine Schwierigkeiten verursacht und wogen 37 Pfund, waren in der Mitte 6 Zoll hoch, und die Oeffnung im Lichten $5^1/_2$ Zoll weit, wogegen 3 Fuß lange und 3 Zoll hohe Schienen, von der Form Fig. 7 und 8, Taf. XLV, 18,3 Pfund wiegen.

Gewalzte eiserne Schienen. — Wegen des harten Ganges der Fuhrwerke auf den gußeisernen Schienen, wegen ihrer starken Abnutzung und wegen des häufigen Zerbrechens derselben, fiel man darauf, die Schienen von Stabeisen auszuwalzen. Die ersten Versuche damit mißlangen; aber schon 1810 kam diejenige Gestalt der Schienen auf, welche im Allgemeinen noch jetzt gebräuchlich ist. Die Art und Weise ihrer Fabrikation ist im Th. II, Abth. 1, Sp. 385, angegeben worden.

Die gußeisernen Schienen haben gegen gewalzte im Allgemeinen folgende Nachtheile:

1) brechen sie leichter als diese;

2) darf man sie nicht länger machen als von einem Stützpunkte bis zum nächsten, d. h. höchstens 4 — 6 Fuß, weil das Gußeisen zu wenig biegsam ist, als daß sich eine daraus gemachte Schiene auch zwischen den Endpunkten unterstützen ließe. Die Stöße, welche so bei dem Zusammensetzen zweier Schienen entstehen, sind also bei den kurzen Schienen häufiger. Die gewalzten Schienen dagegen können 15 Fuß lang sein, und es finden daher auf solch einem Schienenwege weit weniger Wechsel der einzelnen Schienen statt; ein sehr wesentlicher Vorzug, wodurch die Bewegung der Lastwagen, mehr wie man auf den ersten Blick glauben sollte, erleichtert und gleichförmig gemacht wird.

3) Das Gußeisen ist zwar auf der Oberfläche sehr hart, jedoch nur in der geringen Dicke seiner durch Abschreckung erlangten Rinde; ist dieselbe abgenutzt, so widersteht das Innere sehr ungleich und wird bald rauh.

4) Gewalzte Schienen lassen sich leicht ein wenig biegen und es können daher mit denselben die Biegungen des Schienenwegs, wo dieselben erforderlich sind, weit regelmäßiger hergestellt werden, als dies mit gußeisernen Schienen möglich ist.

5) Die gewalzten Schienen können weit sicherer befestigt werden, als dies bei gußeisernen möglich ist; auch dürfte die Reibung auf denselben geringer, wie auf letztern sein.

6) Endlich sind die gewalzten Schienen wohlfeiler, als die gußeisernen, indem der laufende Fuß von letztern bei gleicher Tragkraft im Durchschnitt doppelt so schwer sein muß, als von erstern. Besonders ist dies im höhern Grade für England der Fall, wo die gewalzten Schienen immer 40 bis 45 Procent wohlfeiler sind, als in Deutschland.*

Der Form nach unterscheidet man bei den gewalzten eisernen Schienen zuvörderst eigentliche Kantenschienen, von der Form eines T, oder eines doppelten, T und flache, sogenannte amerikanische, die aus einem gewöhnlichen starken Eisenstabe bestehen, der auf die breite Seite auf hölzerne Balken gelegt wird. Hin und wieder, z. B. in einigen Bergwerken, stellt man die gewöhnlichen Eisenstäbe auch auf die hohe Kante in Einschnitte, welche in hölzernen Querbalken gemacht worden sind. Wir kommen auf die speziellere Betrachtung der verschiedenen Formen zurück. Bei den eigentlichen Kantenschienen unterscheidet man zuvörderst zwei Classen, Bauchschienen oder fischbäuchige Schienen (fish-bellied-edge-rails, englisch) Fig. 5, Taf. XLV, oder solche von gleicher Höhe, oder parallele Schienen (parallel edge-rails) Fig. 6. Wir werden die Vortheile und Nachtheile beider Arten weiter unten vergleichen und bemerken nur noch, daß wie man aus den Tafeln XLIII—XLIV ersehen kann, und wie wir weiter unten spezieller erklären werden, die Querschnitte der Schienen sehr verschieden sind. Jetzt wenden wir uns erst zu der Tragkraft der Schienen.

* Es rührt dieß daher, weil das Eisen in England im Allgemeinen wohlfeiler als in Deutschland ist und weil in letzterm erst sehr wenige Walzwerke zur Fabrikation von Schienen existiren. Entstehen aber erst mehr Eisenbahnen in Deutschland, so wird es auch nicht fehlen, daß sehr bald Walzwerkeanlagen dort entstehen, wo die Schienen gebraucht werden und dann werden die gewalzten Schienen auch bei uns wohlfeiler werden.

Gußeiserne Schienen wurden von Hrn. v. Dechen* und von dem Prof. Dr. Egen in Elberfeld,** neuerlich sehr genauen Prüfungen unterworfen. Sämmtliche Schienen sind, wie sich das freilich von selbst versteht, Stabschienen und beiderlei sind nach dem weiter oben beschriebenen und in Fig. 9, Taf. XLV, abgebildeten Prinzip gegossen, nämlich die elliptische Verstärkungsrippe ist nicht voll, sondern durchbrochen. Die Schienen, welche der Erstere untersuchte, waren aus, im Kupolofen umgeschmolzenem Koaksroheisen gegossen. Sie wurden an den beiden Enden eingespannt und auf ihre Mitte wirkte der kurze Arm eines Hebels, dessen langer mit Gewichten beschwert wurde. Eine 3 Fuß lange, 2,43 Zoll hohe, ganz gerade und 18,73 Pfund (preuß. Maaß und Gewicht) wiegende Schiene, zerbrach durchschnittlich, bei wiederholten Versuchen, durch ein Gewicht von 3350 bis 4150 Pfund; eine eben so lange, in der Mitte 3 Zoll hohe, unten aber mit einer Verstärkung versehene Schiene von 18,35 Pfd. Schwere, zerbrach bei 4600 bis 6000 Pfund. Eine 6 Fuß lange, in der Mitte 6 Zoll hohe, 37,22 Pfund wiegende Schiene mit durchbrochener Verstärkungsrippe zerbrach bei 4300 bis 5300 Pfund. Die Tragkraft stieg in dem Verhältniß, je schwerer die Schienen gemacht wurden.

Die von Herrn Egen untersuchten Schienen waren aus, im Kupolofen erblasenem, sehr gutem Eisen gegossen und hatten ebenfalls eine durchbrochene Verstärkungsrippe; sie waren 36 Zoll lang und wogen 40,25 Pfund. Sie wurden an beiden Enden in Stühle eingespannt. Um die Schienen zu belasten, bediente sich Hr. Egen eines gegen 10 Fuß langen und sehr starken zwei-, aber ungleicharmigen Hebels, der mit dem kurzen Arm auf die Schiene drückte. Zur Messung der Biegungen wurde eine Cylinderlibelle benutzt, die bei einer Secunde Neigung noch einen merklichen Ausschlag giebt. Aus den Versuchen folgt: 1) daß bis zu einer Belastung der Schiene von 5000 Pfd. die Durchbiegung den Belastungen völlig proportional ist; 2) daß über diese Belastung hinaus die Durchbiegung in einem stärkern Verhältniß zunimmt, als die Belastung; 3) daß die Elasticitätsgränze demnach bei diesen Schienen bei 5000 Pfund Belastung liegt, welche 3,7mal so gering ist, als die, wobei der Bruch erfolgt. Fehlerfrie Schienen können also 5000 Pfund Belastung mit aller Sicherheit tragen. Ruhen die vierräderigen Eisenbahnwagen auf Federn, so darf ihr Gewicht für diese Schienen 20,000 Pfund betragen, ohne Federn aber nur die Hälfte. 4) Die Durchbiegungen fielen, wenn eine Reihe von Belastungen vorhergegangen war, wobei die Elasticitätsgränze überschritten wurde, bei der folgenden Reihe von Belastung stärker aus. Eine Belastung über die Elasticitätsgränze hinaus, schwächt daher die Festigkeit der Schienen. — Hr. Egen meint, daß unmittelbar aus dem Hohofen gegossene Schienen um etwa 10 pCt. schwächer ausfallen, dennoch aber mit aller Sicherheit 160 Centner schwere Wagen mit Federn tragen würden. Aus dem Kupolofen gegossene

* v. Dechen, Versuche über die Tragkraft gegossener eiserner Schienen, in Karsten's Archiv, 2. Reihe, VI, 370 ꝛc.

** Egen, Versuche über die Tragkraft gußeiserner Bahnschienen, in den Verhandlungen des preußischen Gewerbevereins, 1836, 3. Liefer. 116 ꝛc.

Schienen würden nämlich immer theurer sein, als die aus Hohofen-Roheisen dargestellten. — Hr. Egen ist ferner der Meinung, daß gußeiserne Schienen vor ihrer Benutzung einer Probe unterworfen werden müßten. Geht man bei dieser Probe über 5000 Pfund Belastung hinaus, so wird die Schiene durch sie geschwächt und zwar um so mehr, je weiter man diese Gränze überschreitet. Will man aber bei nur 5000 Pfund Belastung die volle Tragkraft der Schiene sicher kennen lernen, so muß ihre Durchbiegung beobachtet werden.

Gewalzte eiserne Schienen. Ueber diese hat Hr. Egen ebenfalls eine Reihe von interessanten Versuchen angestellt, die in doppelter Art ausgeführt worden sind.* Zuerst ist die Tragkraft auf der Bahn selbst untersucht, wobei sie in der Lage waren, worin sie beim Gebrauch die Lasten zu tragen haben. Diese Versuche bieten außer den gewöhnlichen Schwierigkeiten, welche die genaue Bestimmung von so geringen Durchbiegungen bei sehr bedeutenden Belastungen mit sich führen, noch besondere dar, die nicht viel geringer sind und welche solche Versuche bisher verhindert haben mögen. Als Gegenversuch ist dann noch ferner die Tragkraft der Schienen, auf die gewöhnliche Weise, einer genauen Prüfung unterworfen. Die Durchbiegungen der Schienen sind durch Neigungswinkel gemessen. Das Prinzip dieser Messungsweise besteht darin, daß die Durchbiegung der Schienen einer, um eine feste Axe beweglichen Ebene diejenige Neigung mittheilt, deren Sinus der Durchbiegung proportional ist. Die Neigungen werden durch ein eigenthümliches Nivellirinstrument gemessen, welches die Winkel auf 12 Secunden zuverlässig genau angiebt und woraus die Durchbiegungen selbst mit großer Genauigkeit gemessen werden können.

Die auf der Elberfelder Probebahn angewendeten Schienen waren von Newcastle am Tyne in England bezogen; sie waren theils bauchig, theils parallel. Jede Schiene ist durchschnittlich 15 engl. Fuß lang; doch kommen Ungleichheiten von 4 bis 6 Zoll Länge vor. Die Enden sind glatt abgeschnitten, dann die Schienen mit seitwärts übergreifenden Enden. — Fig. 10, Taf. XLIV, (lap joints) werden in England jetzt selten angewendet und sind theurer als die andern. Die gebrauchten Schienen hatten eine Kopfbreite von 24 Rheinl. Linien, eine Kopfdicke von 10 L., die größte Tiefe betrug 42,8, die kleinste 34 Linien, die Dicke des Mittelstückes betrug 6,6, die Dicke der Rippe 9,8 Lin., die Länge einer Schienenabtheilung 34,98 Zoll, das Gewicht derselben 31,7 cöln. Pfund. Die parallelen Schienen hatten eine Kopfbreite von 24 und eine Kopfdicke von 10 Lin., eine Tiefe von 44,8 Lin., das Mittelstück war 7,2 und die Rippe 12,2 Lin. stark, die Länge einer Schienenabtheilung betrug 35,84 Zoll und ihr Gewicht 35,3 Pfund.

Die Belastung der Schienen geschah durch die Wagen selbst. Die Wagen wurden mit 8000 Pfund Steinen be-

* Verhandl. des preuß. Gewerbevereins, 1835, 3. Lief., S. 121 rc. Sehr interessante Angaben und Formeln über die Berechnung des Widerstandes und die vortheilhafteste Gestalt von Eisenbahnschienen findet man in v. Heim's trefflichem Werke über „Gleichgewicht und Bewegung gespannter elastischer fester Körper" (Stuttgart, 1838) S. 578 u. ff.

laden, die möglichst gleichförmig in den Kasten vertheilt wurden. Da die Wagen sehr regelmäßig und nach allen Seiten symmetrisch gebaut sind, so kann man annehmen, daß jedes Rad die Schiene mit ¼ des Gesammtgewichts belastet habe. Daß die Schienenflächen nicht genau parallel waren, übte nur einen geringen Einfluß aus, indem die Wagenkasten und Gestelle leicht so viel nachgeben, um diese Unregelmäßigkeiten ausgleichen zu können. Jedes Rad übte einen Druck von 2510 Pfund aus. Da aber die Radmittelpunkte 42 Zoll von einander abstehen, so kann jede Schienenabtheilung nur mit einem Rade belastet werden. Es wurde bei den Schienen die erste und dritte oder mittlere Abtheilung in ihrer Tragkraft untersucht. Das Hauptresultat dieser Versuche ist Folgendes:

Länge. Zolle.	Depression		Depression 1000 Pfd. Last für das Rad.	
	im Winkel. Minuten.	in der Linie. Linien.	in der Ruhe, Linien.	in der Bewegung; Linien.
Gebauchte Schienen . . 30,95	15,85	0,470	0,189	0,216
Parallele Schienen 30,70	15,38	0,456	0,187	0,217

Hr. Egen zieht aus diesen Betrachtungen die folgenden Hauptresultate:

1) Auf der Bahn drücken sich auch die Stühle und Steine um eine sehr merkliche Größe nieder; diese Senkung verschwindet aber vollständig nach Aufhebung des Drucks.

2) Bei den gebauchten Schienen drückt sich die Mitte der ersten Abtheilung stärker nieder, als die Mitte der dritten Abtheilung; bei den parallelen findet das Umgekehrte statt.

3) Die Durchbiegungen betragen durchschnittlich 16 pCt. mehr für den sich bewegenden, als für den ruhenden Wagen.

4) Die beiden Arten von Schienen scheinen auf der Bahn durchaus gleiche Stärke zu haben, welche Ansicht auch in England die gangbare ist. Da nun für gleiche Länge das Gewicht der Parallelschienen, 11,1 Procent mehr als das der gebauchten Schienen beträgt; da beide Arten von Schienen sich gleich gut auswalzen lassen; da ferner die gebauchten Schienen besser in den Stühlen befestigt werden können, als die Parallelschienen, so scheint der Vorzug der gebauchten entschieden. Die Parallelschienen haben allerdings den Vorzug, daß, sollten sie in einem Theil der Bahn für zu schwach befunden werden, man sie dadurch beträchtlich verstärken kann, daß man ihnen 6 statt 5 Unterstützungspunkte giebt, wodurch also eine kostbare Auswechselung solcher zu schwacher Schienen unnöthig würde.

Um nun noch die Tragkraft der Schienen möglichst genau und rein von allen fremden Einflüssen zu bestimmen, ließ Hr. Egen eine gebauchte und eine parallele Schiene,

die beide keine sichtbaren Mängel hatten, von der Bahn wegnehmen, auf einen eichenen Balken Stühle nageln, und in diese die Schienen genau so befestigen, wie dies auf der Bahn selbst geschieht. Von jeder Schiene wurde die Tragkraft jeder der fünf Abtheilungen untersucht. Es wurde nämlich auf die Mitte der zu untersuchenden Schienenabtheilungen ein eisernes, dreiseitiges 1½ Zoll langes Prisma gelegt, auf welches der mittlere Kraftpunkt eines starken Hebels drückte. Der Hebel griff hinten unter die Schneide eines festen Prismas, und vorn hing an ihm ein Wagebalken, der die genau abgeglichenen Gewichte aufnahm. Wir theilen wiederum die mittlern Resultate einer ganzen Reihe von Versuchen mit. Die mittlere Durchbiegung betrug nämlich bei folgenden Belastungen:

	Bei gebauchten:		bei parallelen Schienen:	
von 4000 Pfund	0,0671	Linien	0,0574	Linien,
„ 5000 „	0,0681	„	0,0571	„
„ 8000 „	0,0711	„	0,0532	„
„ 10000 „	0,0713	„	0,0522	„
„ 12000 „	0,0726	„	0,0535	„
„ 14000 „	0,0704	„	0,0557	„
Bleibende Biegung nach dem Maximum der Belastung . .	0,060	„	0,079	„

Hr. Egen ist durch die Versuche zu folgenden Bemerkungen geführt:

1) Die Parallelschienen erscheinen in dem Verhältniß von 4 : 5 stärker, als die gebauchten. Das Gewichtsverhältniß ist = 12 : 13. Die Parallelschienen erscheinen also hier in einem größern Verhältniß stärker, als sie gegen die gebauchten Schienen schwerer sind. Die Ursache liegt in der Gestalt des Querschnitts der beiden Schienenabtheilungen. Bei einer zweckmäßigen Anordnung desselben werden die gebauchten Schienen ihren Vorzug auch hier behaupten.

2) Die bleibenden Durchbiegungen der Schienen sind geringer bei den gebauchten Schienen, selbst wenn man die stärkere Belastung derselben in Betracht zieht. Dieser Umstand ist für die Anwendung sehr wichtig.

3) Bei welcher Belastung die bleibenden Durchbiegungen ihren Anfang nehmen, ist schwer, vielmehr gar nicht zu entscheiden. Die Gränze wird um so enger, je schärfer die Beobachtungsmethoden sind, und man kann immer nur davon sprechen, wo die merklich bleibenden Durchbiegungen aufhören. Wenn aber auch bei einer einzelnen Belastung die bleibende Durchbiegung unmerklich bleibt, so kann sie leichter bei oft wiederholten, oder lange andauernden Belastungen merklich hervortreten.

4) Die untersuchten Schienen sind unstreitig stark genug, um häufig wiederholte Belastungen von 3000 und einzelne Belastungen von 8000 Pfund und mehr für ein Rad zu tragen. Sie werden also für Eisenbahnen mit Pferdebeförderung in allen Fällen eine hinlängliche Tragkraft haben. Wenn aber Dampfwagen von 8 bis 9 Tonnen Gewicht auf den Schienen laufen sollen, so dürften sie etwas zu schwach sein, wie auch die Schienen auf der Liverpool- und Manchester-Eisenbahn von 35 Pfund Gewicht das Yard bewiesen haben.

5) Bei den gebauchten Schienen sind die mittleren Abtheilungen entschieden stärker, als die äußern, und der Unterschied ist ziemlich bedeutend. Bei den Parallelschienen tritt ein solcher Unterschied gar nicht hervor. Auf eine Vergleichung der Bauch- und Parallelschienen kommen wir zurück.

Eine andere Reihe vorzüglicher Untersuchungen über die Tragfähigkeit der gewalzten Schienen, wurde von dem berühmten englischen Mechaniker P. Barlow — an der Militärakademie zu Woolwich — * im Auftrage der Directoren der London-Birmingham-Eisenbahn angestellt. Die Tragfähigkeit des Eisens bei einer ruhenden Belastung kann als durch die bisherigen Versuche ermittelt angenommen werden; es bleibt aber noch die Einwirkung bewegter Massen zu bestimmen übrig. Die Ansichten der Praktiker über diesen Punkt waren sehr verschiedenartig und getheilt. Versuche wurden daher nothwendig. Zu diesen wurde ein Deflectometer verwendet, welcher in 10facher Vergrößerung die Biegung angab, welche die Schienen erlitten. Das erste Deflectometer besteht aus einem ungleicharmigen geraden Hebel, welcher in Stahlspitzen läuft und einen Index, der sich auf einem starken gekrümmten Draht befindet, vorschiebt; ein zweites, für die Beobachtung bequemer eingerichtetes, besteht aus einem Winkelhebel, dessen längerer Arm einen Vernier fortbewegt, welcher sich auf einem Kreisbogen befindet.

Bereits bei den ersten vorläufigen Versuchen mit diesem Deflectometer ergab sich, daß während ein Wagenzug über die Schienen herging, die Wirkung eines jeden einzelnen Rades auf die Schienen beobachtet werden konnte, daß diese Wirkung, wo die Schienen gut gelegt waren und die Wechsel und Blöcke sich in Ordnung befanden, innerhalb ziemlich enger Gränzen blieb, daß hingegen da, wo die Schienen nicht in einer Ebene lagen oder andere Unregelmäßigkeiten vorhanden waren, bisweilen Biegungen eintreten, welche die doppelte Größe der erstern erreichen.

Auf der Grand-Junction-Eisenbahn liegen Schienen, welche auf 1 Yard oder 3 engl. Fuß 62 Pfund wiegen (s. Fig. 4, Taf. XLVI); die mittlere Entfernung, der Stühle beträgt dabei 3¾ Fuß. Vorzugsweise wurden die Stühle auch bei 5 Fuß Entfernung gelegt, wodurch im erstern Falle ¼, im zweiten ⅖ der Stühle und Unterlagen erspart werden. Hierbei wurden die Versuche in dem Einschnitte von Wavertreehill angestellt, der Felsengrund hat und wo die Unterlagen so fest als möglich sind.

Bei dem Uebergange des Dampfwagens Speedwell, bei einer Geschwindigkeit von 20 Engl. Meilen in der Stunde (27⅓ Fuß Pr. in der Secunde) und einer mittleren Entfernung der Unterlagen von 3¾ Fuß von einander, wurde eine Biegung im Mittel von 0,0408 Zoll beobachtet.

Bei dem Uebergange des Dampfwagens Swiftsure, dessen Gewicht auf den Triebrädern 5 Tonnen, 16 Centner beträgt, bei einer Geschwindigkeit von 20 Engl. Meilen in der Stunde, betrug die Biegung im Mittel 0,0380 Zoll. Bei demselben Dampfwagen, der aber mit einer sehr geringen Geschwindigkeit bewegt wurde, betrug die Biegung im Mittel 0,027 Zoll. Die Biegung eines Mittelstücks der Schienen, wenn der Wagen in Ruhe darauf lastete, beträgt 0,04 Zoll.

* Mitgetheilt von Hrn. v. Dechen in Karsten's Archiv, 2. Reihe, Bd. 9, S. 516 x.

Die durchschnittliche Biegung beträgt daher nach den gefundenen Mittelwerthen 0,0353 Zoll. In Woolwich wurden die Biegungen dieser Schienen bei ruhenden Lasten näher untersucht. Parallele Schienen mit doppelter Leiste (I); Gewicht 62 Pfund pro Yard; Fläche des Querschnitts 6 □ Zoll, Höhe 4$^1/_2$ Zoll; mittlere Biegung mit 11 Tonnen Belastung 0,055 Zoll.

Die mittlere Biegung für 1 Tonne Belastung bei einer leichten Entfernung der Unterlagen von 33 Zoll ergiebt sich zu ungefähr 0,015 Zoll; und daher für 3 Tonnen zu 0,015 Zoll. Da sich nun die Biegungen (die Pfeile oder Höhen der Bogen) zu einander, wie die Kubikzahlen der Entfernungen je zweier Unterlagen verhalten, so folgt daraus bei einer leichten Entfernung der Unterlagen von 42 Zoll (45—3 Z.) eine Biegung von 0,0314 Z. bei 3 Tonnen Belastung. Die Biegung während des Ueberganges des Dampfwagens betrug nach dem Obigen 0,0353 Z., woraus hervorgeht, daß die Biegungen, welche eine ruhende Last, und eine mit beträchtlicher Geschwindigkeit auf den Schienen bewegte gleiche Last hervorbringen, nicht wesentlich von einander abweichen, und daß eine jede Schiene nur von dem halben Gewichte eines Räderpaares gedrückt wird.

Dieselben Schienen zeigten bei einer mittleren Entfernung der Unterlagen von 5 Fuß, bei dem Uebergange des Dampfwagens Swiftsure mit einer Geschwindigkeit von 22 Engl. Meilen in der Stunde (30$^1/_2$ Fuß Preuß. in der Secunde), im Durchschnitt 0,070, bei einer größern Geschwindigkeit 0,090 Z. Biegung.

Der Durchschnitt der Biegung für die Mittelstücke einer solchen Schiene stellt sich hiernach auf 0,089 Zoll, und berechnet man die Biegung aus denen, welche bei denselben Schienen für ruhende Gewichte ermittelt sind, so erhält man 0,079 Zoll. Die Biegungen der Endstücken einer Schiene sind etwa nach den letzten Versuchreihen um 40 Procent größer, als bei den Mittelstücken; doch rührt dieß nicht allein davon her, daß sie weniger Tragfähigkeit besitzen, sondern zum Theil davon, daß die Stühle und Blöcke lose sind.

Versuche mit einigen andern Schienenarten gaben folgende Resultate:

Dublin- und Kingston-Parallel-Schienen, Gewicht 45 Pfund auf 1 Yard, mit einer Verstärkung an der untern Kante, Entfernung der Unterlagen 3 Fuß, mit Vertical-Keilen befestigt; Höhe des Querschnitts 3$^1/_4$ Z. Die Biegung bei dem Uebergange des Dampfwagens Swiftsure betrug am Endstück im Mittel 0,114 und bei dem Mittelstück 0,120 Z. Da wo Stöße des Wagens stattfanden, betrug die Biegung beinahe das Doppelte von der gewöhnlichen, bei einem ruhigen Gange des Wagens erfolgenden. Die Unterlagen und Stühle waren bei diesen Versuchen fest; die Vertical-Keile bedürfen jedoch nach der Angabe der Arbeiter einer fortdauernden Aufmerksamkeit.

Fischbauchschienen von Stephenson, Gewicht 43$^1/_2$ Pfd. auf 1 Yard; die Unterlagen 3 Fuß von einander entfernt, die Befestigung mit Keilen zur Seite, die größte Höhe 4$^1/_2$, die kleinste 3$^1/_2$ Z. Biegung beim Uebergange des obigen Dampfwagens im Mittel 0,062 Z.

Neue Schienen von Booth, parallel mit gleichen Leisten oben und unten, Gewicht 60 Pfd. auf 1 Yard, Höhe 4 Zoll, Entfernung der Unterlagen 3 Fuß. Biegung beim Uebergange des obigen Dampfwagens 0,040 bis 0,066 Z.

Parallel einfach T förmige Schienen, Huyton-Ebene, Gewicht 50 Pfd. das Yard, Entfernung der Unterlagen 3 Fuß 3$^1/_2$ Z. Biegung beim Uebergange des obigen Dampfwagens im Mittel 0,072 Z.

Fischbauchschienen und Stühle von Stephenson auf dem Chat Moß (ebenfalls auf der Liverpool-Manchester-Bahn), Gewicht 44 Pfd. auf 1 Yard, Entfernung der Unterlagen 3 Fuß auf hölzernen Stegen. Vier Deflectometer wurden auf zwei Schienen und zwei Stege angewendet, welche aber außer Verbindung waren. Die Biegung beim Uebergange des oft genannten Dampfwagens betrug auf den Stegen 0,032 bis 0,059 Z., im Mittelstück einer Schiene 0,188 und am Endstück 0,160 Z. — Darauf wurden die Deflectometer auf 2 Stege, auf das dazwischen und das danebenliegende, Schienenstück angewendet, und die Biegung betrug auf den Stegen 0,019 und 0,056 Z., auf dem dazwischenliegenden Schienenstück 0,191 und auf dem danebenliegenden Schienenstück 0,134 Z.

Diese Resultate sind sehr anomal den bei mehren Fischbauchschienen erlangten. Zum Theil sind dieselben der besondern Lage der Schienen auf einem sumpfigen Boden zuzuschreiben, welcher stark, bei dem Uebergange des Dampfwagens zittert. Der große Ueberschuß der Biegung der Schienen über die Senkung der Stege wird dadurch aber nicht genügend erklärt. Es scheint jedoch daraus hervorzugehen, daß bei einem so wankenden Boden die Schienen bedeutend mehr leiden, als bei einer festen Unterlage, und wenn sich diese Erfahrung ferner bestätigen sollte, so würde gewiß für solche Fälle anzurathen sein, die Schienen stärker als auf den übrigen Theilen der Bahn zu machen, oder aber die Entfernung der Unterlagen bei gleichen Dimensionen der Schienen zu vermindern.

Bisher waren nur die, in der verticalen Ebene vorkommenden Biegungen betrachtet worden. Es schien jedoch auch wünschenswerth, die Größe der Seitenbiegungen der Schienen in den Krümmungen der Bahnen kennen zu lernen, um zu beurtheilen, in wiefern es nothwendig sei, die Schienen an solchen Stellen zu verstärken, damit sie in dieser Richtung eine größere Widerstandsfähigkeit erhielten, und besonders dann, wenn die Entfernung der Unterlagen größer genommen würde.

Die Resultate ergaben, daß die Seiteneinwirkung in den Krümmungen nicht so beträchtlich ist, um eine größere Stärke der Schienen zu erfordern, als wegen des Widerstandes in der Vertical-Ebene nöthig ist, wenn die Unterlagen weiter von einander entfernt liegen; daß also auch in den Krümmungen der Bahn weder stärkere Schienen, noch näher aneinander liegende Unterlagen als in den übrigen Bahntheilen, erforderlich sind. Der Deflectometer, welcher zur Beobachtung dieser Seitenbiegungen der Schienen angewendet wurde, besteht in einem Winkelhebel, der sich um eine verticale Axe dreht, und dessen kurzer Arm durch einen gegen die Schienen liegenden Schieber in Bewegung gesetzt wird; eine Feder, welche sich an dem mit einem Index versehenen längeren Arm des Hebels befindet, hält den Schieber in fortdauernder Berührung mit der Schiene.

Die Versuche wurden auf der Wigan-Eisenbahn angestellt; die angewendeten Parallelschienen wiegen 42 Pfund

per Yard, die Unterlagen sind 3 Fuß von einander entfernt; Krümmung, nahe an der Verbindung mit der Liverpool-Manchester Eisenbahn, 2 Fuß, 4 Zoll auf 1 Chain (66 Fuß), oder 1 auf $28\frac{2}{7}$, einem Halbmesser von 622 Yard angehörend. Die äußere Schiene der Bahn liegt in der Krümmung $1\frac{3}{8}$ Zoll höher als die innere, um der Centrifugalkraft der Wagen mit gegenzuwirken. Die Seitenbiegung betrug bei verschiedener Geschwindigkeit der Wagen im Durchschnitt 0,007 bis 0,060 Zoll.

Aus diesen in der Verticalebene stattfindenden Biegungen der Schienen ergiebt sich, daß bei festen Unterlagen, wohl darauf befestigten Stühlen, gut eingerichteten Wechseln der einzelnen Schienen, und einem guten Boden für die Unterlagen, die größten Geschwindigkeiten der Dampfwagen wenig mehr wirken, als wenn die Last derselben auf den Schienen ruhte, und zwar so, daß nur $\frac{1}{4}$ der Last des ganzen Wagengewichtes auf ein Rad käme; daß aber die Unvollkommenheiten der Eisenbahnen Biegungen durch die Stöße der Wagen hervorbringen, welche die doppelte Größe der ersteren erreichen. So lange daher die Bahnen nicht vollkommener hergestellt werden als jetzt, müssen Schienen angewendet werden, welche etwas mehr als doppelt so stark sind, wie sie für den mittleren Druck zu sein brauchten; etwa 10 bis 20 Procent über diese doppelte Stärke dürfte ausreichen. Für einen Dampfwagen von 12 Tonnen Gewicht wird daher die Stärke der Schienen auf eine Belastung von 7 Tonnen berechnet werden müssen, und wenn diese Schienen sorgfältiger als bisher gelegt werden, so werden auch wohl Dampfwagen von 14 bis 16 Tonnen Gewicht mit Sicherheit darüber fahren können.

Zu einer größeren Vollkommenheit der Bahnen würde es wesentlich beitragen, wenn die Unterlagen (Blöcke) einander gerade gegenüber gelegt werden, welches sich bei Parallelschienen leicht und ohne Mehrkosten erreichen läßt (nicht so bei den Fischbauchschienen).

Von dem Hauptresultate ausgehend, daß selbst bei der gegenwärtigen Construction der Eisenbahnen für Dampfwagen von 12 Tonnen Gewicht, die Schienen nur auf eine Belastung von 7 Tonnen eingerichtet zu sein brauchen, läßt sich die Stärke oder der Querschnitt der Schienen für jede Entfernung der Unterlagen ermitteln. Die vortheilhafteste Entfernung derselben rücksichtlich der Anlagekosten bestimmt sich aus den Preisen des Eisens und der Steine zu den Blöcken. Je theurer das Eisen zu den Schienen ist, um so näher müssen die Blöcke an einander gelegt werden, damit leichtere Schienen genommen werden können und umgekehrt. Die Praxis schreibt jedoch hierbei Gränzen vor, über welche hinaus eine Untersuchung der möglichen Vortheile unnütz wird, und diese fallen zwischen eine mittlere Entfernung von 3 bis 6 Fuß.

Bei einer genaueren Betrachtung des Querschnittes der Schienen findet man, daß die obere Leiste (Kopf), worauf die Wagenräder laufen, eine bestimmte Größe haben müsse. Diese Leiste ist in den ursprünglichen Schienen der Liverpool-Manchester-Eisenbahn, von 35 Pfund per Yard, zu klein für das gegenwärtige Gewicht der Dampfwagen; denn an der Außenseite der Schienen ist dieselbe vielfach an der Mittelrippe losgezogen. Die obere Leiste an den Dublin-Schienen von 45 Pfd. per Yard ist zwar breiter, sie zeigt nicht

diese Mängel, doch wird sie im Allgemeinen für zu schmal gehalten. Die obere Leiste der einfach parallel T förmigen Schienen (Fig. 6 und 11, Taf. **XLIV**) und der von der Grand-Junction-Eisenbahn (Fig. 4, Taf. **XLIV**), hat die besten Verhältnisse; ihre Querschnittsfläche, bis zur Tiefe von 1 Zoll von der Oberfläche gemessen, beträgt $2\frac{1}{4}$ Zoll. Diese Größe kann als praktisch bewährt angenommen werden, sie beträgt etwa $22\frac{1}{2}$ Pfund auf 1 Yard Länge.

Von den Praktikern wird angenommen, daß die Höhe der (gewalzten) Schiene nicht über 5 Zoll betragen dürfe.

Nach diesen Prinzipien sind die Gewichte der Schienen und ihre Hauptdimensionen für die Tragfähigkeit von 7 Tonnen, bei Entfernungen der Unterlagen von 3 Fuß, 3 Fuß 9 Zoll, 4 Fuß, 5 Fuß und 6 Fuß berechnet, indem dabei die Vertheilung des Eisens in dem Querschnitt auf die vortheilhafteste Weise angenommen ist.

	Entfernungen der Unterlagen.				
Obere Leiste bis 1 Zoll tief	3 F.	3 F. 9 Z.	4 F.	5 F.	6 F.
Gewicht à Yard	22,5 Pf.	22,5 Pf.	22,5 Pf.	22,5 Pf.	22,5 Pf.
Ganze Höhe der Schienen	$4\frac{1}{2}$ Z	$4\frac{5}{8}$ Z.	$4\frac{3}{4}$ Z.	5 Z.	$5\frac{1}{10}$ Z.
Höhe der unteren Verstärkung	1 Z.	1 Z.	1 Z.	$1\frac{1}{6}$ Z.	$1\frac{1}{2}$ Z.
Breite derselben	$1\frac{1}{4}$ Z.	$1\frac{1}{4}$ Z.	$1\frac{1}{2}$ Z.	$1\frac{2}{3}$ Z.	$1\frac{2}{3}$ Z.
Stärke der Mittelrippe . .	0,6 Z.	0,75 Z.	0,8 Z.	0,85 Z.	$1\frac{1}{8}$ Z.
Gewicht der ganzen Schiene auf 1 Yard Länge	51,4 Pf.	58,8 Pf.	61,2 Pf.	67,4 Pf.	79 Pf.
Biegung bei 3 Tonnen Belastung . .	0,024 Z.	0,037 Z.	0,041 Z.	0,064 Z.	0,082 Z.

Man sieht hieraus sogleich, daß die Biegungen der Schienen bei den entfernteren Unterlagen größer werden, obgleich dieselbe Tragfähigkeit für dieselben beibehalten worden ist, daß sie mithin weniger steif sind, als bei den näher zusammenliegenden Unterlagen. Sobald man hierauf sich nicht einlassen will, muß man von vorn herein auf größere Entfernungen der Unterlagen verzichten, weil sonst die Gewichte der Schienen oder die Höhen des Querschnittes ganz unverhältnißmäßig wachsen würden. Die angegebenen Biegungen sind aber doch noch bedeutend geringer, als diejenigen, welche gegenwärtig nach den vorher mitgetheilten Versuchen stattfinden.

Auf die angegebenen Gewichte und Dimensionen der Schienen ist die Berechnung des Gewichts basirt, welches für eine doppelte Eisenbahn (4 Reihen von Schienen) auf 1 Englische Meile erforderlich wird. Das Gewicht der gußeisernen Lager (Stühle) ist nach folgenden Sätzen angenommen. Die Endlager (wo 2 Schienen wechseln) von Stephenson wiegen 28 Pfund, einschließlich der Stifte zur Befestigung; die Mittellager 24 Pfund. Daher

Unterlagen

bei	3	Fuß	Entfernung	der	Endlager	28 Pf.,	Mittellager		24	Pf.
„	$4\frac{3}{4}$	„	„	„	„	30 „	„	„	25	„
„	4	„	„	„	„	30 „	„	„	25	„
„	5	„	„	„	„	33 „	„	„	27	„
„	6	„	„	„	„	33 „	„	„	27	„

Da die meisten Lager bei der Verkeilung der Schienen in denselben zerbrechen, bei diesen Lagern aber keine Verkeilung beabsichtigt wird, so ist zu erwarten, daß die obigen Gewichte ausreichend sein werden.

Die Mittelblöcke sind zu 4 Cubikfuß, die Endblöcke zu 5 Cubikfuß Inhalt angenommen, welches nach den bisherigen Erfahrungen ausreicht. Wenn die Blöcke fest liegen bleiben, so haben zwar die Endblöcke nicht mehr zu tragen als die Mittelblöcke, brauchten daher auch nicht stärker zu sein. Wenn dieselben daher etwas sinken, so ist dieß am Ende einer Schiene viel nachtheiliger als in der Mitte, und daher sind die Endblöcke größer angenommen worden. Das richtige Verhältniß zwischen der Größe dieser End- und Mittelblöcke ist aber nicht durch Erfahrung ermittelt.

Wollte man nicht allein dieselbe Tragfähigkeit der Schienen bei größerer Entfernung der Unterlagen, sondern auch dieselbe Biegung wie bei der Entfernung von 3 Fuß beibehalten, so würde das Gewicht der Schienen für eine doppelte Bahn (4 Reihen von Schienen) auf 1 Englische Meile bis auf 385 Tonnen steigen und eine einzelne 12 Fuß lange Schiene würde 490 Pf. wiegen. Es würden dadurch die früheren Angaben um mehr als 50 Procent übertroffen werden.

Nach diesen Angaben läßt sich diejenige Entfernung der Unterlagen von einander ermitteln, welche rücksichtlich der ersten Anlagekosten das vortheilhafteste ökonomische Resultat liefert, wenn die Preise der gewalzten Schienen, des Gußeisens zu den Stühlen, die Preise der Blöcke und des Schienenlegens bekannt sind. Die Unterhaltungskosten werden aber bei größerer Entfernung der Unterlagen geringer, denn stärkere Schienen nutzen verhältnißmäßig weniger ab, und bleiben länger brauchbar als schwächere.

Ein anderer Vortheil von weiter entfernten Unterlagen wird darin gesucht, daß, wenn sie eben so viel sinken als die in kürzerer Entfernung von einander gelegten, das Ansteigen der Schienen geringer wird, und damit auch die Einwirkung der darüber gehenden Lasten auf die Blöcke.

Es hat sich aber ergeben, daß die Biegung der Schiene unter gleichen Lasten bei 3¾ Fuß entfernten Unterlagen 0,035 Zoll; bei 5 Fuß entfernten Unterlagen 0,089 Zoll ist; mithin das Ansteigen im ersteren Falle $\frac{0,036}{22,5}$, im letzteren $\frac{0,089}{30}$; daß sich dieselben daher beinahe wie 1 : 2 verhalten, mithin das Ansteigen bei den weiter entfernten Blöcken größer wird. Die Einwirkung der Lasten auf die Blöcke selbst ist aber nach den Versuchen gleich, und nicht wie nach jener (also falschen) Voraussetzung bei den entferntern Blöcken größer. Dies stimmt übrigens auch ganz mit der Theorie überein, da diese Einwirkungen sich wie die Cosinus der Steigungswinkel zu einander verhalten, welche für so kleine Winkel nur sehr wenig von einander verschieden sind.

Die Versuche über die Bewegung der Blöcke während des Ueberganges der Dampfwagen, wurden ebenfalls mit dem Deflectometer angestellt, nachdem eiserne Haken fest mit den Blöcken verbunden waren.

Bei 3 F. 9 Z. von einander entfernten Unterlagen mit dem Dampfwagen Swistsure und bei einer Geschwindigkeit

des Wagens von 10—30 englischen Meilen in der Stunde, betrug die Bewegung der Blöcke im Mittel 0,021 Zoll.

Bei 5 Fuß von einander entfernten Unterlagen (sämmtliche Blöcke lagen vollkommen fest), mit mehren Dampfwagen, bei einer Geschwindigkeit derselben von 15 englischen Meilen in der Stunde, betrug die mittlere Größe der Bewegung der Blöcke 0,019 Zoll, welche nicht wesentlich von der zu 0,021 Zoll bei den 3 Fuß von einander entfernt liegenden Blöcken abweicht.

Es entsteht nun noch die Frage, ob im Ganzen genommen weiter von einander entfernt liegende Blöcke mehr sinken als enger liegende, oder ob bei beiden nur eine gleiche Senkung stattfindet. Für beide Ansichten haben sich verschiedene Praktiker erklärt.

Es kann aber darüber wohl kaum ein Zweifel sein, daß wenn auf einem neu aufgeschütteten Grunde, auf einem Damme, Schienen theils auf 3 Fuß, theils auf 5 Fuß entfernte Unterlagen gelegt wurden, welche eine und dieselbe Größe besitzen, daß alsdann die letztern Unterlagen schneller sinken werden, als die ersteren, bis der Boden eine völlige Festigkeit erhalten hätte. Nachdem aber dieß erreicht ist, werden die entfernter liegenden Blöcke gerade dasselbe leisten als die, welche in kürzeren Entfernungen von einander aufgestellt sind; diese Gleichstellung beider wird in Einschnitten, wo der Boden bereits von Anfang an fest ist, sehr bald eintreten.

Hieraus ergiebt sich alsdann, daß in der ersten Zeit nach Herstellung der Bahn die Unterhaltungskosten bei weit entfernten Unterlagen auf Dämmen oder in einem weichen Boden größer ausfallen werden, als bei weniger entfernten Unterlagen, daß sich aber nach Verlauf einiger Zeit diese Kosten gleichstellen werden, ebenso wie sie in Einschnitten der Bahn niemals wesentlich von einander abweichen dürften.

Diese Ansicht würde sehr bald geprüft werden können, wenn Schienen auf mehr oder weniger entfernten Unterlagen an einer Stelle z. B. der Liverpool-Manchester Eisengelegt würden, wie bei Kensalgreen, wo täglich 70 Dampfwagen passiren.

Wenden wir uns nun zu einer allgemeinen Betrachtung der Fundamentirung der Eisenbahnschienen.* — Es fragt sich zunächst, wie sich z. B. gewalzte Stabschienen, die als die bessern anerkannt sind, so legen und so stark auf und an den Erdboden befestigen lassen werden, daß sie von dem Gewichte und von der Bewegung der Fuhrwerke weder hinein, noch zur Seite und auseinander gedrückt werden können, sondern daß daraus eine gute und dauerhafte Eisenbahn entstehe.

Die Grund-Idee für die Fundamentirung der Eisenbahnen, welcher man im Wesentlichen gewöhnlich überall, wo man Bahnen mit Stabschienen gemacht hat, zu folgen pflegte, ist die: die Schienen auf irgend eine Weise, sei es durch Steine, oder durch Querhölzer, oder durch Pfähle u. s. w., etwa alle 3 bis 5 Fuß zu unterstützen, und sie so, je auf 3—5 Fuß lang, von einem Unterstützungspunkte bis zum andern, als Balken tragen zu lassen. Der Theorie nach ist dieß nicht unbedingt richtig; denn die Wirkung und der Druck der Wagen auf die Schienen ist ja ihrer ganzen Länge nach überall genau gleich stark, die Unter-

* Nach Crelle.

stützung dagegen, welche jener Wirkung widerstehen soll, ist es nicht. Ja es hat Noth, selbst dann noch, wenn die Unterstützung durchweg, in allen Punkten der Schienen sich befände, sie stark genug zu machen; denn die Wirkung von zwei bis dritthalbhundert Centner schweren Wagen, die mit 30 bis 40 Fuß Geschwindigkeit in der Secunde dahin stürmen, ist gewaltig, daher einzelne Steine oder Querhölzer, alle 3 Fuß unter die Schienen gelegt, dieser ungeheuren Wirkung wohl nicht immer widerstehen sollen! Dazu kommt, daß sich die Schienen nicht durch die ganze Länge des Weges so mit einander verbinden lassen, daß jede Reihe nur eine Masse ausmacht und keine Fugen in den Stößen vorhanden sind. Die Schienen lassen sich zwar auch allerdings zusammenschweißen; jedoch geht dies fortlaufend nicht an; auch nicht einmal auf eine bedeutende Länge, weil das Eisen, gleich jedem andern Körper, in der Kälte sich zusammenzieht und in der Hitze sich ausdehnt, von 30° R. Kälte bis 30° Wärme um etwa den 1200ten Theil der Länge, so also, daß, wenn man die Schienen z. B. auch nur auf 100 Fuß lang zusammenschweißen wollte, schon unvermeidlich zollbreite Fugen entstehen würden. Die Schienen müssen also einzeln bleiben; höchstens können 2 bis 3 mit einander verbunden werden. Für einzelne Schienen aber ist die Fundamentirung um so schwieriger. Auch zeigt die Erfahrung nur zu sehr, wie oft sie nicht ausreicht. Da, wo die Enden zweier Schienen zusammenstoßen, haben sie gar keine Tragkraft als Balken mehr. Man legt zwar natürlich eine der Unterstützungen gerade unter die Fuge, aber über dieser ist nunmehr die Last und der Stoß gar nicht mehr vertheilt, sondern wirkt blos auf das Ende der Schiene, und folglich auf noch nicht den halben Stein, oder das halbe Querholz unter der Fuge. Leicht drückt sich nun der Stein oder das Querholz schief in die Erde; das Ende der einen Schiene sinkt tiefer als das Ende der andern anstoßenden Schiene, welches eher durch die schiefe Lage des Steines gehoben wird. Es entsteht also nun eine Unterbrechung der oberen Ebenheit der Schienenbahn, und diese Unebenheit vergrößert sich fortwährend, und schnell und unaufhaltsam. Denn wenn z. B. das Ende der einen Schiene auch nur um $^1/_2$ Linie tief unter das Ende der andern anstoßenden Schiene gedrückt worden ist, so stürzt sich nunmehr schon die Last der Wagen, fallend, von der höheren auf die niedrigere Schiene herab, und dieser Stoß oder Schlag wirkt noch viel gewaltsamer, als der bloße Druck. Die Ungleichheit der Höhe der Schienenenden muß also immerfort zunehmen, und so kann es denn kommen, daß die Eisenbahn, wenn sie nicht etwa immerfort reparirt wird, d. h. wenn die Steine oder Querhölzer nicht immer gleich wieder in ihre rechte Lage gebracht werden, und wenn nicht etwa bis dahin schon Schienen durch die gewaltigen Stöße zerbrochen worden sind, in einen sehr schlechten Zustand geräth. Welcher Nachtheil daraus für die Fuhrwerke, für die Schienen selbst und für ihre Fundamentirung, und welcher Verlust an Zugkraft daraus entstehen müsse, läßt sich leicht ermessen.

Eine möglichst vollkommene Fundamentirung der Schienen ist daher Hauptbedingung bei der Anlage einer Eisenbahn. Wir wollen daher hier erst im Allgemeinen davon reden und dann ins Einzelne eingehen.

Das nächste Mittel, den einzelnen Stützpunkten der

Schienen mehr Festigkeit zu geben, ist, die Steine oder Balken auf einen Steinschlag zu legen, wie man aus Fig. 3 und 4, Taf. XLV, deutlich ersieht, wenn der Boden nicht etwa schon an sich steinig oder felsig ist.

Wenn aber auch wirklich die Unterstützung der Schienen in allen einzelnen, je 3 Fuß von einander entfernten Punkten, und auch unter den Fugen, vollkommen fest gemacht worden ist, und durchaus nirgends weichen kann, z. B. wenn man die Schienen auf fest eingerammte Pfähle oder auf Mauerwerk legt; so bleibt doch immer noch ein zweites, aus der Balken-Function der Schienen entstehendes Uebel übrig. Sie werden sich nämlich stets, so stark sie auch immer sein mögen, bei starker Belastung, um irgend etwas zwischen den Unterstützungspunkten einbiegen, wie wir schon weiter oben bei der Tragkraft der Schienen sahen, und die Fuhrwerke werden sich daher immer in einer schwachen Wellenlinie bewegen; was weder den Schienen selbst, noch der Zugkraft vortheilhaft sein kann. Zwar hat man mitunter behauptet, die wellenförmige Bewegung sei gerade der Schienenbahn vortheilhaft, und es sei gut, daß die Bahn nicht ganz starr den Fuhrwerken widerstehe, sondern ihnen mit einer gewissen Elasticität nachgebe. Man beruft sich bei dieser Behauptung auf die bekannte Erfahrung, daß Chausseen länger vorhalten, wenn sie auf elastischem Boden, als wenn sie auf festem Felsen liegen. Aber diese Berufung auf eine Analogie, ist hier nicht passend. Daß Chausseen auf elastischem Boden länger vorhalten als auf Felsen, hat seinen Grund offenbar darin, daß ein Stein leichter zermalmt wird, wenn er fest aufliegt, als wenn seine Unterlage nachgeben kann. Bei der Eisenbahn wird ja aber das Eisen nicht zermalmt, sondern nur abgerieben; eine Schiene kann wohl zerbrochen, aber nicht zerquetscht werden. Also paßt schon das Gleichniß nicht; und direkte Erfahrungen an Eisenbahnen selbst haben noch nirgends bewiesen, daß elastische Bahnen länger vorhielten, als nicht nachgebende; ja wir sahen weiter oben, daß sich aus den Versuchen über die Biegungen der Schienen auf morastigen und festen Stellen der Liverpool-Manchester Bahn, das Entgegengesetzte beweisen lasse. Auch ist gewiß und unbestreitbar, daß eine wellenförmige Bewegung der Fuhrwerke mehr Transportkraft erfordert, als die Bewegung in gerader Linie, desgleichen, daß die Eisenbahn durch eine solche Auf- und Abbewegung holprig und schlecht wird; daß sie ihren Hauptvorzug, den einer vollkommen glatten und sanften Fahrt, verliert. Das Einbiegen und Nachgeben der Schienen unter den Fuhrwerken ist zuverlässig eben so wenig vortheilhaft und dem Zwecke der Bahn entsprechend, als das Einsinken der Steine oder Querhölzer.

Man sucht bei den neuern Eisenbahnen der Entstehung der Unebenheiten derselben durch Verstärkung der Tragkraft der Schienen, nämlich durch Vergrößerung des Gewichtes derselben vorzubeugen. Von 8 bis 9 Pfund Gewicht der Schienen auf den laufenden Fuß, ist man bei den neuern englischen Bahnen schon bis auf 25, ja 30 Pfund auf den laufenden Fuß gestiegen, um die Einbiegung möglichst zu vermeiden; allein es werden dadurch, wie wir schon weiter oben zu bemerken Gelegenheit hatten, die Kosten außerordentlich erhöhet. Die vollkommenste Eisenbahn wird daher eine solche sein, bei welcher die Schienen fortlaufend und in allen ihren Punkten ihrer ganzen Länge nach,

gleich stark unterstützt sind. Denn jede Gegenwirkung muß der Wirkung gleich sein, wenn ein Werk Bestand haben soll; und die Wirkung der Fuhrwerke auf eine Eisenbahn ist überall gleich, folglich muß es auch die Gegenwirkung, die Unterstützung der Bahn, sein.

Hr. Reynolds in London scheint der Erste gewesen zu sein, der diese Grundregel ernstlich in Erwägung gezogen und praktisch zu befolgen versucht hat. Seine neue Art Eisenschienen, von welchen wir die Beschreibung und den Bericht über ihr Verhalten in der Ausführung weiter unten mittheilen werden, sind ihrer ganzen Länge nach gleich stark unterstützt, und scheinen uns in diesem Betrachte vor allen andern, bis jetzt üblichen Schienenarten, einen entschiedenen Vorzug zu haben. Es möchte nur noch einiges Andere dagegen einzuwenden sein, was weiter unten, wo wir verschiedene Arten von Schienen näher durchgehen, bemerklich gemacht werden soll. Die Schienenbahnen mit platten und nur dünnen, der Länge nach von hölzernen Balken getragenen und auf dieselben befestigten eisernen Schienen (s. Fig. 10, Taf. XLV), die sogenannten amerikanischen, haben, wiewohl nur in bedingterem und beschränkterem Maaße, mit den Reynoldschen Schienen den Vorzug gemein, daß ihre Tragkraft in allen Punkten mehr gleich stark ist, wenigstens mehr gleich stark gemacht werden kann, als es bei den gewöhnlichen englischen Bahnen, mit massiven, auf einzelne Steine oder Querhölzer gelegten Schienen der Fall und möglich ist. Denn die hölzernen Balken, welche die dünnen Schienen tragen, auf welchen die Wagenräder laufen, können ohne Schwierigkeit so stark gemacht werden, daß die Einbiegung derselben unter der Last der Fuhrwerke fast unmerklich wird; auch lassen sich die Balken an den Enden und Stößen so fest mit einander verbinden, daß auch diese Stellen beinahe gar nicht schwächer sind, als die übrigen. Indessen wird der Vorzug der fortlaufenden Unterstützung der Schienen durch eisenplattirte Holzbahnen nur bedingt und beschränkt erlangt; bedingt nämlich, weil er, selbst so lange das Bauwerk noch neu ist, nur dann erreicht wird, wenn die Schienenbalken nicht etwa blos durch Querhölzer unterstützt werden, was im Grunde doch immer nur wieder eine Unterstützung in einzelnen Punkten ist, sondern wenn die Querhölzer selbst, weiter, wieder noch auf Schwellen ruhen, die nach der Länge der Bahn fortlaufen, und die, wenn der Boden weich ist, noch etwa auf einen Steinschlag gelegt werden müssen, wie es auch wirklich bei mehreren ausgeführten amerikanischen Bahnen geschehen ist. — Beschränkt deshalb, weil die fortlaufende Unterstützung in der Wahrheit immer nur so lange stattfindet, als der Holzbau noch neu und das Holz frisch und fest ist. Sobald es anfängt, mürbe zu werden, oder zu faulen, was bei den, horizontal, unbedeckt und nahe am Boden liegenden Hölzern sehr bald geschieht, findet die fortlaufende Unterstützung nur noch dem Scheine nach statt, und die eisernen Schienen sind dann schwächer und weniger tragkräftig als selbst die massiven, auf einzelnen Steinen liegenden, weil sie viel zu dünn sind, um selbst auch nur einen Theil der Last zu tragen. Auch ergiebt die Erfahrung, daß auf eisenplattirten Holzbahnen immer eine stärkere Zugkraft zur Fortbewegung der Fuhrwerke nothwendig ist, als auf massiven Bahnen, in so fern sich letztere in gutem Stande befinden, welches schon die bald sich einstellende Mangelhaftigkeit der Ebenheit der Bahn beweiset. Auch stehen die eisenplattirten Holzbahnen den massiven aus andern Gründen nach, wie weiter unten berührt werden wird.

Nachdem wir mit Hrn. Crelle eine der vorzüglichsten Bedingungen bei der Construction der Eisenbahnen, nämlich die Nothwendigkeit einer Unterstützung der Schienen ohne schwache Stellen näher zu erörtern und zu begründen gesucht haben, wollen wir ferner auch noch, nach demselben ausgezeichneten Techniker, die übrigen wesentlichsten Bedingungen einer guten Eisenbahn-Construction durchgehen, um so eine Aufzählung von allgemeinen Regeln zu bekommen, nach welchen die verschiedenen Constructionen, die dann einzeln zu erwägen sein werden, zu würdigen sein dürften.

Eine zweite wesentliche Bedingung für eine gute Eisenbahn ist die, daß auch der Parallelismus jedes Schienenpaars stets vollkommen erhalten bleiben und folglich so versichert sein muß, daß er durch die Wirkung der Fuhrwerke nicht füglich zerstört werden kann.

Auch diese Bedingung erfüllen die Eisenbahnen mit massiven, auf einzelne Steine gelegten Schienen, nicht vollkommen. Die Steine widerstehen noch weniger einem Drucke nach der Seite, als dem Drucke von oben; und der Druck nach der Seite ist bei Eisenbahnen ebenfalls gar nicht geringe. Da nämlich die Räder mit Spurkränzen an jeder Schiene einen Spielraum von etwa einem Zoll breit haben müssen, weil sie sich sonst klemmen und mehr als nöthig an den Schienen reiben würden: so ist es unvermeidlich, daß die Fuhrwerke um die Breite der Spielräume hin und her wanken. In der That gewahrt man, wenn man ihren Lauf auf einer Eisenbahn aufmerksam beobachtet, daß der Wagenzug nie in der Richtung der Schienen ganz gerade fortrollt, sondern daß er eine sehr langgestreckte Schlangenlinie hin und her beschreibt. Er drückt also, abwechselnd rechts und links, seitwärts auf die Schienen, weil ihr Widerstand immer, sobald er sich auf die eine Seite begeben hat, ihn wieder nach der andern Seite hinüber treiben muß. Und dieser Druck ist, wegen des ungeheuren Gewichts der Wagen und wegen der großen Geschwindigkeit ihrer Bewegung, ungemein bedeutend. Wenn also die Schienen nicht auch nach der Seite sehr stark und fest widerstehen, so werden sie auseinander gedrängt; der Parallelismus geht verloren; und ist erst der Anfang dazu gemacht, so wird der Spielraum der Räder größer, der Schwung und anstreifende Druck der Fuhrwerke wird also immer stärker, das Uebel nimmt zu, und die Ausweichung der Schienen kann am Ende so groß werden, daß die Wagenräder von den Schienen hinunter gleiten und Gefahr und Schaden entsteht.

Besser als durch einzelne Steine, und sogar sehr vollkommen, wird der Parallelismus der Schienen erhalten, wenn man sie auf quer durchreichende Träger von Holz, Stein oder Eisen legt. Dann ist es unmöglich, daß ihre Entfernung von einander, quer über die Bahn gemessen, sich ändern kann; mithin bleibt dann ihr Parallelismus unverändert. Sind keine Querstücke vorhanden, so muß der Unterstützung auf andere Weise eine kräftige Stabilität, auch nach den Seiten hin, gegeben werden.

Ein drittes, wesentliches Erforderniß für Eisenbah-

nen ist die Entfernung des Regen- und Schneewassers von der Oberfläche des Dammes und aus den oberen Schichten desselben, wenigstens bis unter die Fundamentirung der Schienen. Denn, mag die Fundamentirung aus Steinen oder aus Holz bestehen: immer wird der Boden, worauf am Ende das Fundament sich stützt, weich und nachgebend sein, sobald sich Wasser darin sammeln und aufhalten kann. Selbst wenn das Fundament unten aus einem Steinschlage besteht, ist es im nassen, vom Wasser durchzogenen Boden noch nicht fest; denn es ist immer nichts anders, als eine Art von Chaussee, und eine solche ist nicht fest, wenn sie nicht auf trockenem Boden liegt. Am günstigsten ist der Fall, wenn sich der Damm aus Kies oder grobem Sande machen läßt, in welchen das Wasser ein- und von selbst nach den Seitengräben sich hinzieht. In anderen Fällen pflegt man einzelne Rinnen von trockenen Steinen zu machen, die aber nicht wohl als zur Entwässerung hinreichend zu erachten sind. Besser ist es, wenn der Damm in der Oberfläche eine feste, ein Paar Zoll dicke Decke, aus klein geschlagenen und stark zusammengestampften Steinen, mit starkem Gefälle nach den Seiten hin, erhält, damit das Regen- und Schneewasser schnell abgeleitet werden und möglichst gar nicht dazu gelangen möge, in den Damm erst einzudringen. Auch hat die feste, glatte Steindecke in der Oberfläche noch den Vortheil, das Umtreiben von Sand, Schlamm und Steinchen, die auf die Schienen gerathen könnten, mehr zu verhindern. Werden die Fuhrwerke nicht von Dampfwagen, sondern von Pferden gezogen, so ist außerdem die Steindecke zwischen den Schienen, als Pfad für die Pferde, nothwendig, wo der Transport durch diese erfolgt.

Eine vierte Bedingung für gute Eisenbahnen ist, daß möglichst selten Ausbesserungen daran vorkommen können, und daß die Reparaturen, wenn sie nothwendig sind, möglichst ohne Unterbrechung oder Störung der Passage auf der Bahn, und ohne einstweilige Verlegung der Straße mögen vollzogen werden können.

Am besten wird diese Bedingung einestheils vorzüglich durch eine recht feste und durchlaufende, in allen Punkten gleich starke Fundamentirung der Schienen erfüllt werden; anderntheils durch Dauerhaftigkeit der zu dem Bauwerke genommenen Stoffe. Denn bei weitem die meisten Reparaturen, welche bei den üblichen Eisenbahnen vorkommen, werden durch Beschädigungen der Fundamentirung, durch Einsinken und Verschieben der Schienentragsteine und dergleichen veranlaßt; und dann, besonders bei den eisenplattirten Holzbahnen, durch die schnelle Abgängigkeit des Holzes, welches, dicht an, und halb über, halb in dem Bo-

den liegend und frei der Witterung ausgesetzt, immer nur wenige Jahre vorhält. Die Schienen selbst, zumal wenn sie aus gewalztem Eisen sind, können sehr lange, und wenn sie nicht zu schwach sind, der Erfahrung nach wohl an 50 Jahre dauern.

Daß abgängig gewordene Schienen schnell und leicht durch neue müssen ersetzt werden können, ist auch ein Hauptheil der Bedingung.

Eine fünfte natürliche Bedingung ist, daß die Kosten einer Eisenbahn, und zwar auf die Dauer gerechnet, d. h. mit Rücksicht auf die Erhaltungskosten, nicht unverhältnißmäßig hoch sein müssen. Es können zwar Fälle vorkommen, wo es gut ist, daß insbesondere die ersten Anlagekosten möglichst gering sind, besonders dann, wenn die Bahn nur einen vorübergehenden Zweck hat; aber dieser Fall ist immer nur eine Ausnahme, und selten. Und wenn sonst nur die Wahrscheinlichkeit vorhanden ist, daß eine Eisenbahn, die bleiben soll, rentiren werde, so finden sich in der Regel Capitalien dazu in Ueberfluß. Uebrigens aber darf man, wie schon bemerkt, dieser oder jener Constructionsart, da, wo es nicht an bereitliegenden Capitalien fehlt, gerade noch nicht deshalb den Vorzug geben, weil die ersten Anlagekosten derselben gering sind. —

Zusammengenommen würde also nun, übersichtlich ausgedrückt, das, was zu einer guten Constructionsart von Eisenbahnen gehört, Folgendes sein:

Erstlich müssen die Schienen, damit die Bahn nicht in Gefahr sei, bald holperig und unbequem, und dann um so leichter beschädigt und zerstört zu werden, eine in allen Punkten gleich starke und hinreichend feste Unterstützung bekommen.

Zweitens muß die Bahn so construirt werden, daß der Parallelismus der Schienen nicht leicht durch die Wirkung der Fuhrwerke zerstört werden kann.

Drittens muß das Wasser so vollständig von und aus dem Damme abgeleitet werden, daß es nicht unter die Fundamentirung der Schienen dringen, den Boden daselbst erweichen und die Stabilität des Fundaments dadurch schwächen kann.

Viertens muß die Eisenbahn so construirt sein, daß Ausbesserungen nur möglichst selten vorkommen, und daß die, welche vorkommen, so gemacht werden können, daß die Fahrt so wenig als möglich dadurch unterbrochen wird.

Fünftens müssen die Kosten der Construction, und zwar mit Rücksicht auf die dauernde Erhaltung des Werks gerechnet, nicht unverhältnißmäßig hoch sein.

Wir kommen jetzt zum

Dritten Capitel.

Von den verschiedenen Constructionsarten der Eisenbahnen.

1. **Gewöhnliche englische Constructionsart mit gewalzten eisernen Schienen, auf Steine gelegt.**

Wir erläutern diese Constructionsart durch zwei Beispiele, entnommen von der erst neuerlich erbaueten London- und Birmingham-Eisenbahn * — Fig. 1, 2 und 4, der Doppeltafel XLIII und XLIV — und von der Nürnberger Bahn ** — Fig. 1 — 4, Taf. XLV. — Figur 1, Taf. XLIII und XLIV, zeigt die Schienen, die gußeisernen Stühle oder Sättel (Chairs, Pedestals, engl.) und die Blöcke (Blocks, engl.) im Grundrisse und die letztern unbedeckt; Fig. 2 ist ein Querdurchschnitt durch die Aufschüttung; die eine Schienenreihe auf Steinblöcken, die andere auf hölzernen Querbalken ruhend; Fig. 3 ist die andere Hälfte des Grundrisses und zeigt die Befestigung der Schienenstühle auf hölzernen Balken (Sleepers, engl.); Fig. 4 ist ein Längendurchschnitt der Bahn; Fig. 5 und 6 sind verschiedene Ansichten von Stühlen, welche die Befestigung der Schienen in denselben verdeutlichen. a. sind die Schienen, hier Parallelschienen; b. die Stühle; c. die Steinblöcke; d. die hölzernen Balken oder Lager. Man hat auf der London-Birmingham-Eisenbahn besonders zweierlei Arten von Befestigung der Schienen in den Stühlen angewendet, wie die Fig. 5 und 6 zeigen. Gewöhnlich wird die in Fig. 5 dargestellte Methode angewendet. Eine Seite von dem vorstehenden untern Rande der doppelt T förmigen Schienen, von denen 3 laufende engl. Fuß oder 1 Yard 65 Pfund wiegen, tritt in eine Vertiefung des Stuhls und wird durch Keile k darin festgehalten. Aehnlich ist auch die Befestigung der Schienen in den Stühlen auf der Nürnberger Bahn (Fig. 1, Taf. XLV), wobei dieselben Buchstaben dieselben Gegenstände bezeichnen. Noch einfacher ist die in Fig. 7, Taf. XLV dargestellte Methode bei den ältern Bauchschienen auf der Liverpool-Manchester-Bahn; und eben so ist sie auch neuerlich wieder auf der Greenwich-Eisenbahn angewendet. Auf der Birmingham-Bahn (Fig. 5, Taf. XLIII und XLIV) sind die sehr schweren Schienen nun noch außerdem durch eiserne Bolzen l und durch ein Splett m befestigt. Das Loch in der Schiene, durch welches der Bolzen oder Nagel geht, ist in der Längenrichtung etwas oval, damit sich die Schiene ohne Nachtheil ausdehnen oder zusammenziehen kann.

Die andere Art der Befestigung der Schienen in den Stühlen auf der Birminghambahn ist in Fig. 6 dargestellt. Sie rührt von Stephenson her und die einfach T förmigen Schienen wiegen 50 Pfund das laufende Yard. Die Schienen sind nämlich in der Nähe des untern Randes mit einer Nuth versehen und die Stühle haben einen solchen Einschnitt, daß die Rippe der Schiene genau hineinpaßt. Von der Seite her geht ein Bolzen k durch den Stuhl, sein unteres, zugeschärftes Ende tritt in die Nuth der Schiene und wird durch die Feder m darin erhalten.

* Nach Brees, Railway-practice.

** Nach Scharrer, Verhandlung über die Ludwigs-Eisenbahn.

Da wo die Schienen wechseln, greifen sie, wie Fig. 10, Taf. XLIV, zeigt, über einander, und dann ist noch ein zweiter Bolzen k′ und eine zweite Feder m′ auf der entgegengesetzten Seite von der ersten vorhanden.

Wir machen über die Form der Stühle und die Mittel, die Schienen in denselben zu befestigen, noch die folgenden, von Herrn Barlow (Karstens Archiv, 2. Reihe, IX, 537) entlehnte allgemeine Bemerkungen.

Nach der genauesten Untersuchung aller verschiedenen Arten von Stühlen, Keilen oder Stiften und Ausfüllungsstücken auf der Liverpool-Manchester-Eisenbahn, erscheint keine einzige Form so einfach und passend, um der Schiene einen festen Ruhepunkt zu verschaffen, als die, welche für die Schienen von einfacher T Form angewendet worden ist. Man würde auch wohl kaum von dieser Form der Stühle abgewichen sein, wenn es nicht wegen der untern Verstärkung der Schienen nothwendig geworden wäre.

Um beides mit einander zu vereinigen, erscheint der Vorschlag von Hrn. Sinclair am zweckmäßigsten, die Schienen so zu walzen, daß sie an ihren Enden und an jedem Auflagepunkte eine einfache Rippe von gleicher Breite mit der untern Leiste oder Verstärkung bilden.

Im Allgemeinen würde auf diese Weise Taf. XLIII und XLIV, Fig. 7 der Querschnitt der Schienen sein; Fig. 8 der Querschnitt der Schiene an jedem Auflagepunkte auf eine Länge von etwa 3 Zoll, oder auch nach Fig. 9 gestaltet, wenn diese Form beim Walzen herzustellen wäre.

Hierdurch werden folgende Vortheile erreicht:

1) die Verbindung der Schienen und Stühle ist so einfach und fest, wie bei den einförmigen T förmigen Schienen;

2) der Vortheil der untern Verstärkung der Schienen wird beibehalten;

3) die Aufruhefläche der Schienen in den Stühlen ist so breit, als thunlich und als sie nützlich sein kann;

4) im Falle ein Mittelblock (d. h. derjenige, auf dessen Stuhl die Schiene blos aufliegt, ohne daß dort ein Wechsel stattfindet) sinkt, so wird die doppelte Länge der Schiene, welche frei liegt, stärker sein, als bei irgend einer andern Constructionsart.

Dieser letztere Vortheil ist nicht unbedeutend. Es ist zwar ein Vortheil der Fischbauchschienen von Stephenson angegeben worden, daß sie sich bei dem Sinken der Unterlagen leichter biegen und denselben folgen können, doch ist nicht wohl einzusehen, daß dies ein Vortheil sei.

Das Herausheben der Schienen aus den Stühlen kann wohl kaum besser verhütet werden, als durch die Stifte oder Bolzen, welche Stephenson gegenwärtig anwendet (s. Fig. 5, XLIII und XLIV).

Hr. Locke hat eine zweckmäßige Veränderung an demjenigen Theile der Stühle angebracht, auf welchem die Schiene unmittelbar aufruht. Wenn dieser Theil nämlich, wie gewöhnlich, und wie Fig. 12, Taf. XLIV, im Querdurchschnitt eines Stuhls zeigt, ganz eben ist, und die Schiene durch eine Last in der Mitte niedergedrückt wird,

so fällt die Berührung der Schiene und des Stuhles auf die Kante der Auflagerfläche, und das darüber hinausreichende kurze Ende der Schiene wird mit einer so großen Gewalt in die Höhe gerichtet, daß es auf keine Weise zurückgehalten werden kann. Was aber so nicht mit Gewalt verhindert werden kann, wird ganz umgangen, wenn diese Auflagerfläche eine geringe Krümmung erhält, wie Fig. 13 zeigt, wodurch bei dem Niederdrücken der Schiene dieser Berührungspunkt eine immer tiefere Lage annimmt, anstatt das Heben des Endes zu veranlassen. Diese Krümmung ist nur sehr gering, kaum ohne Messung bemerkbar; sie verhindert aber dennoch eine höchst nachtheilige Einwirkung auf die Lager. Auf der Nürnberger Bahn hat man den Zwischenstühlen einen ebenen Boden, und den Stühlen bei den Stoßfugen eine Krümmung gegeben, wie die obigen Fig. 12 und 13, Taf. XLIV, zeigen, die von dieser vortrefflichen Bahn entnommen worden sind.

Eine andere höchst nachtheilige Einwirkung, welche durch die Ausdehnung und Zusammenziehung der Schienen bei Temperaturveränderungen entsteht, sobald alles vollkommen festgekeilt ist, wird durch die empfohlene Art der Befestigung vermieden. Das kleine Loch in der Schiene, durch welches der Stift hindurch geht, kann erweitert werden, oder erweitert sich selbst, so daß der erforderliche Spielraum für diese Bewegung der Schienen entsteht, ohne einen Nachtheil für die Tragfähigkeit derselben. Wird nun ein Stift oben in der Mitte der Schiene fester eingetrieben als die andern, so erhält man dadurch einen unbeweglichen Punkt, von dem aus die Ausdehnung und Zusammenziehung nach den Enden der Schiene hin und vor sich gehen kann.

Die Erfahrung wird übrigens noch lehren, ob die spitzen, oder scharfen, meißelförmig endenden Stifte besser sind. Die Keile bestehen entweder aus getempertem Guß- oder aus Schmiedeeisen; erstere werden jedoch bei einem Wechsel der Schienen nicht angewendet. Ihre Form ist verschieden und wird aus den Abbildungen deutlich. Hin und wieder wendet man auch hölzerne Keile an. Gewöhnlich liegen die Keile horizontal und werden von der Seite zwischen den Stuhl und die Schiene eingetrieben. Auf einem Theil der Leeds- und Selby-Eisenbahn hat man jedoch senkrecht eingetriebene Keile angewendet, und zwar werden in die Stühle mit Schienenwechseln zwei eingetrieben. Jedoch scheint diese Art der Befestigung der Schienen in den Stühlen nicht allgemeiner in Anwendung gekommen zu sein, weshalb wir sie nicht näher beschreiben, auf Taf. 56 von der Railway-practice verweisend, die Abbildungen dieser Verkeilung enthält.

Construction der Wechsel der einzelnen Schienen.* — Nach sorgfältiger Untersuchung der Wechsel an den einzelnen Schienen auf der Liverpool-Manchester Bahn, scheint etwa der sechste Theil der Wechsel mit ganz geraden Kopfenden so vollkommen als möglich zu sein; ein anderes Sechstel so schlecht, als schlechte Arbeit und Nachlässigkeit es machen kann, und die übrigen $^2/_3$ liegen zwischen diesen äußersten Gränzen.

Die Vollkommenheit dieser Wechsel beruht:

1) auf der Gleichförmigkeit der Größe und Gestalt des Querschnittes der Schiene;

* Ebenfalls nach Barlow, a. a. O. S. 539.

2) auf der geraden Richtung und ebenen Fläche der Schiene nach ihrer Länge;

3) auf der rechtwinkeligen Lage der Endfläche gegen die Längenaxe der Schiene;

4) auf der Gleichförmigkeit der Größe und Gestalt der Oeffnung in dem Stuhle.

Wenn diese Bedingungen vollständig erreicht werden, so unterliegt es keinem Zweifel, daß diese Wechsel so vollkommen als möglich sein werden. Hierzu wird man aber gelangen, wenn diese Bedingungen bei den Lieferungscontracten der Schienen und Stühle für neu anzulegende Bahnen gestellt werden. Die Erfüllung derselben wird den Eisenhüttenwerken gewiß gelingen. Ohne dergleichen Bedingungen wird aber nie in der Ausführung von Eisenbahnen weiter fortgeschritten, weshalb es nothwendig ist, besonders darauf aufmerksam zu machen.

Es ist nur nöthig, zu bemerken, welche Genauigkeit bei dem Gießen von Bomben und eisernen Kugeln erreicht wird, um einzusehen, daß eine solche auch bei den viel leichter zu gießenden Lagern oder Stühlen mit Sicherheit erlangt werden würde; vielleicht mit einigen Mehrkosten, die aber gewiß gegen die Unterhaltung, welche aus der unvollkommenen Herstellung derselben gegenwärtig hervorgeht, gering sein würden.

Die Unregelmäßigkeiten in der Biegung der Schienen, welche auf allen Eisenbahnen mehr oder weniger wahrzunehmen sind, können beinahe durchweg dem schlechten Zustande der Wechsel an den einzelnen Schienen zugeschrieben werden. Man darf nur an die Wirkung eines mit 3 Tonnen belasteten Rades denken, welches eine Geschwindigkeit von 30 bis 32 Englischen Meilen in der Stunde besitzt und von der eine Schiene auf die andere $^1/_8$ bis $^1/_4$ Zoll herabfällt, oder welches in die Oeffnung zwischen zwei Schienen einsinkt, um hiervon überzeugt zu werden.

Die Größe der Bewegung wurde an einem Block der Liverpool-Manchester-Bahn gemessen, auf dem ein schlechter Wechsel statt fand, und alsdann derselbe hergestellt, in Ordnung gebracht und die Messungen mit dem Deflectometer fortgesetzt. Bei dem Uebergange des Dampfwagens Swiftsure ergab sich für den schlechten Wechsel im Mittel 0,032 Zoll und für den hergestellten Wechsel 0,021 Zoll für die Größe der Bewegungen; dieselben verhalten sich also bei den schlechten und guten Wechseln beinahe wie 3 : 2.

Die übergreifenden Wechsel (Taf. XLIV, Fig. 10, und Taf. XLV, Fig. 8) werden unnöthig, sobald als die gerade abgeschnittenen Schienen-Enden und die Lager gut ausgeführt werden; ihre Anfertigung ist weit mühsamer und kostbarer, als bei gerade abgestumpften Enden.

Befestigung der Stühle auf den Blöcken.* — Dieser Gegenstand ist unter zwei Gesichtspunkten zu betrachten. Einmal kommt es auf die Befestigung und das Losmachen eines Stuhles für den Fall an, daß dies nöthig wird, und zweitens darauf, daß der Stuhl vollkommen sicher mit dem Blocke verbunden bleibt.

Die gegenwärtig allgemein angewendete Methode, hölzerne Pflöcke in die Steinblöcke zu treiben, und in diese eiserne Stifte (Nägel) zu schlagen, erfüllt ihren Zweck, und es ist daher nicht erforderlich, auf einen früheren Vorschlag zurück zu kommen, wonach eiserne Bolzen durch den

* Nach Barlow.

ganzen Stein gehen sollten, um damit oben den Stuhl zu verbinden, welcher sich in der Erfahrung nicht bewährt hat.

Die Art der Befestigung der Stühle auf die Blöcke, wird aus den Fig. 5 und 6, Taf. XLIII und XLIV und aus Fig. 1, Taf. XLVI (Nürnberg) deutlich. e bezeichnet auf sämmtlichen Figuren die eisernen Nägel, welche auf der Birmingham-Bahn stumpf und rund, auf der Nürnberger spitz und eingezakt sind; damit sie fester halten, sind die hölzernen Nägel f, die zuerst in die Steine eingetrieben werden, aus Eichenholz. Auf der Nürnberger Bahn sind die untern Enden der hölzernen Nägel f geschlitzt und es ist ein kleines hölzernes Keilchen eingesteckt, welches sich beim Einschlagen des Nagels eintreibt und zur Befestigung desselben in dem Stein beiträgt. Zwischen den Stühlen und Blöcken hat man auf der Nürnberger Bahn mit Theer getränkte Filzlappen g gelegt, um eine etwas nachgebende Unterlage zu bilden. Auf der Birmingham-Bahn liegen die Diagonalen der Blöcke mit den Schienen parallel; auf der Nürnberger und den meisten andern dagegen die Seiten.

Stellt man die Hauptresultate zusammen, welche sich aus dem Vorhergehenden ergeben, so dürften es etwa folgende sein:

1) Es ist vortheilhaft, das Gewicht der Schienen, oder ihren Querschnitt zu vergrößern, so weit die vergrößerten Anlagekosten es erlauben, und dagegen die Anzahl der Unterlagen zu vermindern.

2) In Einschnitten oder überhaupt auf einem festen Boden reicht die Größe der Blöcke, nämlich für Mittelblöcke 4 Cubikfuß, für Endblöcke 5 Cubikfuß, bei einer mittleren Entfernung derselben von einander bis zu 5 Fuß aus; auf aufgeschütteten Dämmen hingegen ist die Größe der Blöcke zu erhöhen. Versuche müssen über das Maaß dieser Vergrößerung entscheiden.

3) Die Unterhaltungskosten werden nach einer kurzen Zeit im Verhältniß zu der Anzahl der angewendeten Blöcke stehen; aber nicht unter dieses Verhältniß herabsinken.

4) Die doppelt T förmigen Schienen stehen denjenigen nach, welche eine schmalere untere Verstärkung haben, wie sie im Vorhergehenden ausführlicher beschrieben worden sind.

5) Der Vorschlag von Hrn. Sinclair, den Schienen an den Auflagepunkten eine einfache Rippe zu geben, verdient Empfehlung.

6) Die Form der Stühle und die Art, die Schienen darin zu befestigen, welche Stephenson anwendet, ist bei der vorgeschlagenen Art von Schienen so einfach und gut, als möglich.

7) Die Art der Befestigung der Stühle auf den Steinblöcken ist erfahrungsmäßig ausreichend, und bedarf keiner Abänderung.

8) Durch keine Abänderung der Form der Schienen und Stühle werden große Vortheile zu erreichen sein, so lange keine größere Aufmerksamkeit auf die Form und die Dimensionen der Schienen und Stühle, auf den Parallelismus der Unterlagen und die Mittel verwendet wird, welche die Ausdehnung und Zusammenziehung der Schienen möglich machen.

Endlich müssen wir hier noch bemerken, daß die Löcher in den Stühlen etwas vorstehende Ränder haben müssen, um den Schlägen des Hammers beim Eintreiben der Nägel besser widerstehen zu können.

Die Befestigung der Stühle auf den Steinblöcken oder Tragsteinen geschieht, ehe diese letztere gesetzt worden sind.* Man nimmt Sandstein, Granit, Grünstein oder überhaupt jede Steinart, welche dem Frost und der Ausdehnung der hölzernen Pflöcke widersteht, zu den Blöcken. Erstere müssen nicht parallel mit, sondern rechtwinklig auf den Schichtungsklüften des Sandsteins gelocht werden, weil sie sonst zu leicht spalten. Eine gute Qualität der Steine ist sehr wesentlich, denn sonst zerspringen nicht allein bei der Befestigung der Stühle sehr viel, sondern auch bei starken Frösten im Winter; die Auswechselung der Steine ist nicht allein sehr kostbar, sondern auch sehr störend für den Verkehr auf der Bahn und muß daher wo möglich des Nachts geschehen. Bei dem Lochen der Steinblöcke benutzt man eine Steinbohrmaschine.

Nachdem nun die Dammarbeiten auf der Straßenlinie, von denen wir schon weiter oben geredet haben, vollendet worden sind, schlägt man Pfähle ein, deren Köpfe gleiche Höhe mit der Oberfläche der zu legenden Schienen haben und welche mit der Nivellirwage genau abgewogen werden. In den Linien der Schienen wirft man der Länge nach Gräben auf, welche die Steinblöcke aufnehmen sollen. Den Boden der Gräben sucht man durch Rammen möglichst fest zu machen.

Zuerst setzt man diejenigen Steine, welche unter die auf die Pfähle treffenden Stöße der Schienen zu liegen kommen; sodann die Steine unter den übrigen Stößen. Die Stellen derselben giebt die Mittellinie; ihre Höhe findet sich durch Steinsetzervisire, auf die Schienenstühle der zuerst gelagerten Steine gesetzt. Nachdem alle Steine unter die Schienenstöße gesetzt sind, giebt eine Schnur, von dem Boden eines Schienenstuhls bis zu dem des nächsten ausgespannt, die Stelle und Höhe der zwischenliegenden Steine an. Auf der Nürnberger Bahn hat man von 300 zu 300 Fuß, sogenannte Normalsteine gelegt, die 6¹/₄ Fuß lang sind, d. h. über die ganze Bahn gehen, gleiche Breite mit den übrigen (1¹/₄ F.) und eine Höhe von ebenfalls 1¹/₄ Fuß haben, wogegen die übrigen nur 15 Zoll hoch sind. Sie dienen hauptsächlich zur genauen Bestimmung der Breite der Bahn, haben aber auch den Zweck, das Seitwärtsdrängen der Schienen durch die Räder der Fuhrwerke zu verhindern. Diese Vorsicht, durch welche die Breite der Bahn erhalten wird, ist auf weichem Boden und auf aufgeschütteten Dämmen sehr nothwendig und wenig kostbar, weil man die Querstücke zugleich zu der vorläufigen Straße, zum Transport der Erde benutzen kann.

Hierauf werden die Schienen zur Stelle gebracht, auf einem ambulanten Amboß genau gerichtet und dann in die Schienenstühle gelegt und festgekeilt. Man muß dahin sehen, daß die Schienen genau auf dem Boden aller Stühle auf- und daß sie gleich hoch und gerade liegen.

Der Rest der Gräben wird nun mit Sand, Kies oder zerschlagenen Steinen ausgefüllt, die stark gegen die Tragsteine gestampft und mit einem Rammklotz wiederholt festgerammt werden. Zuweilen hebt man auch, statt Gräben, den Boden in der ganzen Breite der Straße aus.

Es ist vorzüglich nothwendig, daß die Steine nicht

* Das Folgende ist nach Minard's Vorlesungen und nach unserem Handbuch über Anlage von Eisenbahnen ꝛc. bearbeitet.

wanken, und daß sie mit allen Punkten ihrer untern Fläche den Boden berühren. Bei Liverpool und auch bei Nürnberg ist man daher beim Setzen der Steine auf folgende Weise verfahren. Eine Art von Dreifuß, 5¹/₂ Fuß hoch, diente zum Auflager eines 13 bis 16 Fuß langen Hebels. Am Ende des langen Arms desselben waren Zugseile geknüpft, wie bei einer Ramme, um den Hebel herunter zu ziehen. Am Ende des andern, kurzen Hebelarms war eine Kette angebracht, die mittelst eines Hakens in den schon am Steine befestigten Schienenstuhl griff. So hob man den Stein, welcher gegen 6 Centner wog, auf, rammte mit ihm selbst, indem man ihn wieder fallen ließ, den Boden fest, der nun zugleich genau die Gestalt der kleinen Unebenheiten der untern Fläche des Steins annahm. Man hat dieses Verfahren sehr gut befunden, und man bedient sich seiner bei Liverpool fortwährend und bei Nürnberg noch neuerlich, obwohl es scheint, daß dadurch die Befestigung des Schienenstuhls am Steine leiden müsse.

Häufig füllt man den Boden der Gräben unter den Schienen mit einem Bett von zerschlagenen Steinen, 9¹/₂ Z. hoch, aus, auf welches man die Tragsteine setzt. Durch dieses sehr zweckmäßige Verfahren erlangt man viele Festigkeit, und der Abfluß des Wassers geschieht durch kleine Kanäle, von Strecke zu Strecke. Man hat ein solches Steinbett bei Leeds und Selby und bei Nürnberg (siehe Fig. 1 — 4, Taf. XLV) gemacht; auf weichem Boden ist ein solches Verfahren unerläßlich. Die zerschlagenen Steine werden sich unter den Stößen der Wagen auf ähnliche Weise verhalten, wie unter den gewöhnlichen Fuhrwerken; sie werden sich zusammendrängen, in einander keilen, und also zuletzt weniger Raum einnehmen. Die Schienen müssen also sinken; aber da die Steine einander gleich vorausgesetzt werden können, so wird solches gleichförmig geschehen.

Die Schienen dürfen nicht scharf zusammenstoßen; es muß zwischen zwei Schienenenden ein Spielraum von 1 bis 1¹/₂ Linien bleiben, so viel, als eine Schiene von 14¹/₂ Fuß Länge sich ausdehnen kann, wenn man annimmt, daß sie bei 0° Wärme gelegt wird und die größte Sonnenwärme nicht über 32° R. steigt. Der Zwischenraum darf aber, verdoppelt, nur bei der je zweiten Schiene gelassen werden, und die Schienen können paarweise einander unmittelbar berühren. Aber nicht weiter dürfen die Zwischenräume von einander entfernt werden, weil sonst die Schienen nicht frei genug auf den Stühlen würden gleiten können.

Zuweilen neigt man die Oberfläche der Schienen ein wenig gegen einander, um die Wagen um so besser in die Bahn zu drängen. Diese Neigung ist insbesondere den konischen Rädern angemessen.

Die Stöße der Schienen in den beiden Linien können auf verschiedene Weise angeordnet werden. Bei Liverpool scheint es, als habe man anfänglich die Stöße der einen Linie den Mitten der Schienen in der andern Linie gegenüber gelegt. Dies hat sich aber durch die allmähligen Ausbesserungen und Erneuerungen der Schienen verändert. Bei Lyon, bei Nürnberg ꝛc. sind die Schienenstöße einander gegenüber gelegt worden. Bei der ersten Art kann ein Stoß nie von mehr als einem Rade getroffen werden; bei der zweiten Art werden zwei Stöße zugleich getroffen; aber der Parallelismus der Schienen läßt sich bei der zweiten Art besser erhalten, weil ein Querstück zwei Stöße und folglich 4 Schienen auf einmal verbindet.

Hieran schließt sich die von Daglish angegebene Befestigungsart der Stühle an die Blöcke, welche von der London-Birmingham-Eisenbahn-Compagnie verworfen, von Barlow empfohlen, und Vignoles als Erfinder zugeschrieben wird. Fig. 18 auf Taf. XLV, zeigt einen Zwischenstuhl auf einem 10 — 12" dicken Steine von 4 bis 5 Kubikfuß Inhalt mit Bolzen von ³/₄" befestigt, deren Köpfe unten 1¹/₂ — 2" in den Stein versenkt und die oben durch Keile angezogen werden, welche sich bei weitem vortheilhafter bewähren als Schraubenbolzen, da in den letztern die Mutter mit der Spindel fest zusammenrostet. Die Schiene, welche Daglish als besonders zweckmäßig empfiehlt, ist von doppelter T-Form und wiegt 50 Pfd. auf das Yard. Soll sie noch schwerer gefertigt werden, so empfiehlt Daglish, oben und unten an Breite zuzusetzen, den untern Ansatz nicht scharf, sondern mehr mit verbrochenen Kanten zu machen, und den obern platten Theil mehr einseitig zu verstärken.

Um den Parallelismus der Bahn möglichst zu erhalten und überhaupt dem Planum mehr Festigkeit zu geben, hat man auf der Dublin-Kingston-Bahn die einzelnen gegen einander überliegenden Blöcke durch starke eiserne Stangen mit einander verbunden, da es immer schwer hält, so große Steine zu erhalten, welche die Quere der ganzen Bahn einnehmen. Es werden aber durch diese Stangen die ersten Anlagekosten außerordentlich erhöhet.

Die Breite oder Spurweite der Eisenbahnen von dem Mittelpunkte einer Schienenreihe bis zu dem Mittelpunkte der andern oder die Spurweite der Wagen beträgt 4 bis 6 Fuß und schwankt innerhalb dieser Gränzen. Die meisten Bahnen in England und Amerika sind zwischen 4 bis 5 Fuß breit; die St. Petersburger hat 6 Fuß Spurweite, die von London nach Bristol 7 Fuß.

Unter die Vortheile der größern Spurweite würde Folgendes zu setzen sein: Der Wagen wird stabiler und kann schneller gehen, ohne der Gefahr, von der Bahn zu weichen, ausgesetzt zu sein; die Durchmesser der Räder können bei gleicher Sicherheit größer werden, woraus eine Verminderung der Kolbenspiele und eine Abnahme der Widerstände in der Maschine folgt; die einzelnen Maschinentheile brauchen nicht so nahe neben einander gelegt zu werden und gestatten eine größere Entwickelung und vortheilhaftere Anordnung; der Kessel kann größer sein und mehr Dämpfe entwickeln; der Wagen wird durch kleine Unregelmäßigkeiten im Legen der einzelnen Schienen weniger betheiligt, und die partiellen Niederpressungen der Schienen äußern einen weniger nachtheiligen Einfluß, wodurch das Zittern des Wagens vermindert wird. Hierzu kommt noch, daß die Last auf dem Wagen besser vertheilt werden kann, daß größere Bequemlichkeit den Passagieren und größerer Raum den Waaren gewährt werden kann. — Die Nachtheile einer Vergrößerung der Spurweite sind: daß ein beträchtlicheres Schleifen der Radkränze an den Schienen, in Folge des Unterschiedes der äußern und innern Schienenlänge bei Biegungen eintritt; daß die gesammten Anlagekosten beträchtlicher werden; daß einzelne Theile des Wagens, namentlich die Hauptwellen, stärker gefertigt werden müssen.—

Im Allgemeinen scheinen die Vortheile die Nachtheile zu überwiegen.

Wir machen nun hier noch einige allgemeine Bemerkungen über die gewöhnlichen Kantenschienen. Man walzt die Schienen gewöhnlich 15 Fuß lang; an den Enden läßt man sie jetzt meistens stumpf zusammenstoßen. Sie werden, wie schon bemerkt, meistens alle 3 Fuß, also fünfmal unterstützt. Die Tragsteine sind gewöhnlich 1½ Fuß lang, 1½ Fuß breit und 1 Fuß hoch. Die Schienenstühle wiegen gewöhnlich 18 bis 22 Pfund und die an den Wechseln der Schienen 21 bis 28 Pfund; auch ist es zweckmäßig, die Tragsteine oder Blöcke unter den Wechseln auch etwas stärker zu machen.

Die Breite der untern Verstärkung der Schienen ist für verschiedene Entfernungen der Unterlagen, auf 1½ bis 1¾ Zoll beschränkt worden, obgleich nach gewissen theoretischen Ansichten eine Vergrößerung ihrer Breite, bei Verminderung ihrer Höhe, eine größere Tragfähigkeit hervorbringen würde, so daß nach Barlow's Ansichten hiernach die doppelte T Form die beste wäre, welche Meinung jedoch bei weitem nicht die allgemeine ist. Die untere Verstärkung wirkt nur durch die Spannung, in welche sie durch die Wirkung der Mittelrippe versetzt wird; diese Wirkung erstreckt sich aber bei einem dehnbaren Körper, wie das gewalzte Eisen, auf die unmittelbar unter der Mittelrippe liegenden Theile und nur mit Abnahme auf die seitwärts liegenden, daher eine Verbindung der untern Verstärkung sehr wenig oder gar nichts zu seiner vermehrten Tragfähigkeit der Schiene beiträgt. Die Gränzen der Schwere der Schienen sind sehr verschieden; in England macht man die leichtern, die einfachen T Schienen gewöhnlich 40, und die doppelten T Schienen gewöhnlich bis 60 oder 70 Pfund schwer.

Die Vortheile, welche man übrigens außerdem bei der doppelten T Form der Schienen zu erreichen beabsichtigte, sind mehr scheinbar als wirklich begründet. Nachdem die obere Leiste durch den Gebrauch abgelaufen wäre, wollte man dieselbe umkehren, um die untere Leiste in Gebrauch zu bringen; doch läßt sich zeigen, daß dieselben immer am stärksten sein werden, wenn man sie nicht umkehrt. Man wollte gleich anfänglich die Wahl haben, um die am besten hergestellten Leisten oben zu nehmen; es würde jedoch viel besser sein, die Schienen so regelmäßig herzustellen, daß keine Wahl nothwendig würde.

Dieselben gewähren ein sehr breites Auflager in den Stühlen, doch scheint hiermit kein Vortheil verbunden zu sein, sobald diese Breite eine gewisse Gränze übersteigt. Diese Schienen können mit hölzernen Keilen in den Stühlen befestigt werden; doch ist es gewiß besser, die Einrichtung so zu treffen, daß gar keine Verkeilung nöthig wird. Diejenige Form, welche in dem Vorhergehenden als die beste angenommen worden ist, wird daher auch im Allgemeinen anerkannt.

Um die Verhältnisse der Tragfähigkeit der Schienen von doppelter T Form zu prüfen, ließ Barlow an einer derselben die untere Leiste von beiden Seiten ½ Zoll tief bis auf die Stärke der Mittelrippe wegmeißeln, so daß sie nur 1¼ Zoll anstatt früher 2½ Zoll breit war, und sie zeigte noch, wenigstens bei den Versuchen, eine eben so große Tragfähigkeit, als die ganzen Schienen im Durchschnitt besitzen, obgleich ½ des ganzen Querschnittes fortgenommen worden war. Wäre diese Eisenmasse zweckmäßiger vertheilt, so hätte nothwendig eine viel stärkere Schiene, als die ursprüngliche, erhalten werden müssen.

2) Sogenannte Belgische Constructionsart, mit massiven, gewalzten eisernen Schienen, von Querhölzern getragen.

Man kann diese Art füglich die belgische nennen, weil sie bei Brüssel insbesondere zuerst in größerer Ausdehnung einer Bahn befolgt worden ist, obgleich man sie früher schon auf englischen, amerikanischen und auf der Nürnberger Bahn an solchen Stellen (wie z. B. Dämmen) angewendet hat, an denen das Terrain noch nicht fest war, so daß man eine bessere Tracht durch die größere Grundfläche der Hölzer und eine Verhinderung des Einsinkens der Bahn bezweckte.

Es werden runde Stämme von Eichen-, Tannen- oder anderem Holze, von mindestens 12 Zoll im Durchmesser, mitten durch ihre Are hindurch zersägt, und von den so entstehenden, im Querschnitte halbkreisförmigen Hälften werden 9 Fuß lange Stücke, von 3 zu 3 Fuß, mit der gesägten platten Fläche nach unten, quer über die Straße, unter die Schienen gelegt. Die Querhölzer werden nur an den beiden Stellen etwas beschlagen, wo die Schienenstühle hintreffen; oder auch es werden die vollen Stämme quadratisch behauen, oder es werden von denselben die vier Schwarten abgeschnitten. Die Fig. 2 und 3, Taf. XLIII und XLIV, zeigen eine solche Fundamentirung, entlehnt von der Birmingham-Bahn, wobei a die Schienen, b die Stühle und d die Querhölzer sind. Eine andere Construction dieser Art, Fig. 4, Taf. XLV, in einer Längenansicht dargestellt, ist von der Nürnberger-Bahn entnommen. Die Hölzer sind hier nicht behauen. Die Schienenstühle werden am besten vermittelst durchreichender eiserner Bolzen, die unten einen Kopf, oben aber eine Schraube mit Mutter haben, an die Hölzer festgeschraubt, gewöhnlich aber nur mit starken Nägeln aufgenagelt. In die Schienenstühle werden die Schienen, wie bei der englischen Art, festgekeilt, und man kann sowohl leichte als schwere Schienen nehmen.

Gewöhnlich, wie u. A. bei Brüssel, hat man die Querhölzer unter den Schienen auf den bloßen Sand gelegt, und das Wasser vom Damm durch Rinnen von behauenen Steinen abgeleitet. Besser und dauerhafter aber wird es sein, sie auf einen Steinschlag zu legen, wie bei Nürnberg, Fig. 4, Taf. XLV, oder bei St. Petersburg, der oben, nach der Breite des Dammes rinnenförmig, so gemacht werden kann, daß in den Rinnen das Wasser schnell und leicht abfließt.

Man kann hier die, wegen des leicht vergänglichen Holzes sehr bedeutenden Erhaltungskosten ansehnlich vermindern, wenn man statt der hölzernen Quer-Unterlagen steinerne, von Granit, legt, die schon weiter oben, bei der Nürnberger Bahn, als sogenannte Normalsteine erwähnt wurden.

Die zweite der im vorigen Capitel ausgesprochenen Bedingungen, nämlich die der Unveränderlichkeit des Parallelismus der Schienen, erfüllt diese Constructionsart sehr vollkommen; denn auf den quer durchgehenden festen Unterlagen kann sich die Entfernung der Schienenreihen von ein-

ander, auf keine Weise ändern. Da, wo das Holz nicht sehr theuer, gute Steine aber selten sind und weit herbeigeschafft werden müssen, verdient diese Constructiosmethode den Vorzug.

Auch müssen wir hier noch einer Constructionsart von Schienen erwähnen, die bis jetzt freilich nur bei der Grubenförderung angewendet worden, daher nur bei leichtern Belastungen zweckmäßig ist, die aber doch einer kurzen Erwähnung verdient und besonders bei temporären Bahnen zweckmäßig ist. Die Querhölzer, welche von Mitte zu Mitte 30 Zoll auseinander liegen, erhalten in der Linie der Schienen Einschnitte von 7 Lin. Tiefe und 4 Lin. Weite. In diese Einschnitte werden die 4 Linien starken und 21 Linien hohen gewalzten Schienen gelegt und durch Haken festgehalten, die um einen Nagel an der Seite der Querbalken beweglich sind, und in Löcher greifen, die 7 Lin. von der untern Kante der Schienen und 30 Z. von einander entfernt sind. Durch diese Haken werden die Schienen fest auf den Lagern erhalten. Man wird einsehen, daß sich eine solche Bahn leicht legen und wieder wegnehmen läßt; bei temporären Bahnen ein großer Vorzug. Außerdem zeichnet sich die Costruction durch Wohlfeilheit und Dauerhaftigkeit aus. Die darauf angewendeten Förderwagen haben Räder mit doppelten, oder zu beiden Seiten vorhandenen Radkränzen. (Karstens Archiv, 2. Reihe, X, 731 ꝛc. Eine ähnliche Construction ist auch beschrieben in den Annales des Mines, 1836, 6. liv. p. 428 etc.)

3) Sogenannte Amerikanische Constructionsart, mit dünnen, auf hölzernen Balken ausgestreckten Schienen.

Man construirt die sogenannten eisenplattirten Bahnen in Nord-Amerika, wie die vorn angeführte Schrift des Major Poussin sehr speziell nachweist, auf sehr verschiedene Weise. Als die bessere Art dürfte die zu betrachten sein, welche auf einen Steinschlag ausgestreckte Schwellen und über diese etwa alle 4 Fuß gekämmte Querhölzer hat, auf welche, nach der Länge der Bahn, die Schienenbalken gestreckt werden, die dann die eisernen Schienen tragen. Die Fig. 10, Taf. XLV, zeigt eine solche Construction in einer Queransicht, entnommen von einer amerikanischen Bahn. Aehnlich wird die, von der Herzoglich Braunschweigischen Regierung von der Residenz nach dem Harz angelegten Bahn eingerichtet; nur sind die gewalzten Schienen etwas stärker und ihre obere Fläche ist etwas abgerundet. Da das große Uebel der hölzernen Bahnen in der leichten Vergänglichkeit des Holzes besteht, und diese wieder sehr gefördert wird, wenn das Holz unmittelbar auf dem Erdboden, oder gar halb in, halb über der Erde liegt, so muß man die Hölzer, wenigstens diejenigen, welche zunächst die Schienen tragen sollen, möglichst über den Boden erhöht legen, damit sie von der Luft frei umspielt und so schneller getrocknet werden können. Die Querhölzer sind sehr wesentlich nöthig zur Erhaltung des Parallelismus der Schienen. Ferner sind die bloß platten eisernen Schienen nicht zweckmäßig, einestheils, weil die Köpfe der Nägel, vermittelst welcher sie auf den hölzernen Balken befestigt werden, immer, auch wenn man sie versenkt, die Bahn mehr oder weniger uneben machen; anderntheils, weil dann das Holz an der Seite, wo der Spurkranz der Räder anstreift, gar nicht durch Eisen armirt ist.

Zu den Langhölzern kann nur gutes, gerade gewachsenes, vollkantiges Holz genommen werden. Dadurch werden die Kosten bedeutend, und dennoch ist ein Werfen und Drehen der Hölzer nicht zu vermeiden, was besonders von jener Construction zu befürchten ist, welche Vignoles vorschlägt, der die Hölzer ohne tragende Querlager auf den Boden legt. Werden letztere angewendet, so müssen sie aus hartem Holze bestehen und müssen eine bedeutende Länge haben.

Hr. Crelle schlägt eine zweckmäßige Verbesserung der eisenplattirten Bahnen vor, die in Fig. 11, Taf. XLV, vorgestellt ist. Auf den Steinschlag A werden die Schwellen B, von 6 Zoll breit und 8 Zoll hoch, gestreckt. Sie sind deshalb höher als breit, damit sie möglichst schon über den Boden emporragen mögen. Auf diese Schwellen werden alle 4 Fuß die Querhölzer C, C, 1 Zoll tief eingekämmt. Diese können, wenn mit Dampfkraft gefahren wird, ganz frei über dem Boden liegen. Wird mit Pferden gefahren, so müssen sie freilich, wegen der Bahn für die Pferde, ganz verschüttet werden. Ueber die Querhölzer werden die Schienenbalken D, 6 Zoll breit und 8 Zoll hoch, 3 Zoll tief eingeschnitten, und noch 1 Zoll tief eingekämmt. Diese Schienenbalken sind oben, wie es die Zeichnung andeutet, ausgefalzt, damit die eisernen Schienen und der Druck der Wagenräder auf die Mitte der Balken treffe, und die Balken so besser tragen. Die Schienen pqr sind knieförmig, oben 2 Zoll breit und an der Seite 2 Zoll tief herunterreichend, welcher hinunterreichende Theil den doppelten Zweck hat, das Holz gegen das Anstreifen der Spurkränze der Räder zu schützen, und die Nägel aufzunehmen, vermittelst welcher die Schienen auf die hölzernen Balken befestigt werden, so daß sie dann oben ganz glatt bleiben können.

Die knieförmigen Schienen lassen sich ohne Schwierigkeit auswalzen. Alle Hölzer werden oben, nach der Breite, von der Mitte aus nach den Seiten abgeschrägt oder abgedacht, damit das Wasser weniger darauf verweilen möge. Der Damm erhält zwischen den Schienen, wie es die Figur zeigt, einen 2 Zoll dicken Steinschlag, welcher zu einer Decke dient, die das Wasser abhält, in den Damm zu dringen, auf welchem es vielmehr zwischen den Querhölzern abfließt. Es werden für den letzten Zweck die Schwellen B, je zwischen zwei Querhölzern, auf etwa 2½ Fuß Länge, noch so tief ausgekehlt, daß die Oberfläche gerade mit der Oberfläche des Steinschlages und der Steindecke gleich hoch und in der Profillinie desselben liegt. Zu den Balken werden die Hölzer so lang als möglich genommen, wenigstens 24 Fuß lang. An den Stößen werden sie, wie auf den Schwellen, 2 Fuß lang durch Hakenkämme mit einander verbunden, wie die Träger in Gebäuden. Kann man Eichenholz haben, so ist es natürlich besser als tannenes. Die Schienenbalken werden auf die Querhölzer noch durch eiserne Kniee befestigt.

Von den im vorhergehenden Capitel aufgestellten fünf Bedingungen, erfüllt diese Bauart die erste, der stetig fortlaufenden, festen Unterstützung, ziemlich vollkommen; denn, wenn gleich die Schienenbalken von 4 zu 4 Fuß frei liegen, so werden doch einestheils die Punkte selbst, in welchen sie unterstützt sind, sehr fest getragen; anderntheils können sich die hölzernen Balken auf 4 Fuß lang nur noch

unmerklich einbiegen. Die zweite Bedingung, die Erhaltung des Parallelismus der Schienen, wird durch die Querhölzer sehr gut erfüllt. Für den Abzug des Wassers, also für die Erfüllung der dritten Bedingung, ist ebenfalls gut gesorgt. Desto weniger erfüllt diese Bauart die vierte Bedingung, daß Reparaturen nur selten vorkommen und leicht zu machen sein sollen. Da das Holz so schnell vergänglich ist, so werden im Gegentheile Reparaturen sehr häufig vorkommen; auch lassen sie sich, weil die Holzverbindung aufgenommen, die Schienen gelöset und wieder aufgenagelt werden müssen, eben nicht schnell und leicht ausführen. Man könnte zwar sagen, das Holz lasse sich durch Ueberzüge von Theer, oder durch andere Anstriche, durch Brennen, und auf andere Weise dauerhafter machen; aber, entweder ist die Wirkung solcher Zubereitungen zweifelhaft, oder sie sind theuer, wie z. B. das neue, gepriesene Verfahren des Hrn. Kyan in London, welches darin besteht, das Holz mit einer Auflösung von Quecksilbersublimat zu bestreichen. 50 Kubikfuß Holz nach diesem Verfahren zuzubereiten, kosten in England 1 Pfund Sterling, also der Kubikfuß über 4 Sgr. (nach andern Angaben der Centner 8 Sgr.), welches etwa halb so viel ist, als in Deutschland neues Holz kostet. Es ist also zweifelhaft, ob die Kosten der Verwahrung des Holzes gegen die Vergänglichkeit mit dem Erfolge im Verhältniß stehen. Was den Kostenpunkt, die fünfte Bedingung betrifft, so sind zwar die ersten Anlagekosten geringer als bei dauerhafteren Constructionen; aber mit Rücksicht auf die Erhaltung ist eine eisenplattirte Bahn, wie man sieht, sogar theurer als eine Bahn mit massiven Schienen. Wo es darauf ankommt, erst nur mit möglichst geringen Kosten eine Bahn herzustellen; oder etwa da, wo es an Capital fehlt; oder aber, wo auf kein langes Bestehen der Bahn gerechnet wird, desgleichen da, wo noch Bauholz in Ueberfluß vorhanden ist, mögen Bahnen mit dünnen Schienen auf hölzernem Unterbau vortheilhaft und folglich rathsam sein; in allen andern Fällen aber empfehlen sie sich keinesweges durch Wohlfeilheit.

Außerdem haben aber die plattirten Bahnen noch manches Andere gegen sich. Dahin gehört zuvörderst, daß sie eine sehr große Menge Holz erfordern, daher dem allgemeinen Verkehr ein höchst nothwendiges Material entziehen. Sodann sind auch die unaufhörlichen Reparaturen ein Umstand, der geradezu dem wesentlichen Zwecke einer Eisenbahn, den Transport zu erleichtern und zu beschleunigen, entgegen ist. Nicht minder ist die Construction in einer gewissen Rücksicht gar nicht gefahrlos. Es wird nämlich nicht ausbleiben, daß, um zu sparen, oder wegen nicht guter Aufsicht, oder aus Mangel an Vorräthen von Holz und dergleichen, Ausbesserungen länger unterbleiben, als es sein sollte, und daß man einem Schienenbalken, wenn er schon faul und unhaltbar ist, zutraut, er werde doch wohl noch tragen. Dann kann er den Dienst versagen, und der Schaden für die Fuhrwerke ist da. Freilich kann eine eiserne Schiene, wenn sie als Balken tragen soll, ebenfalls brechen, aber weniger leicht. Endlich steht der plattirten Bahn sehr wesentlich der Umstand entgegen, daß auf derselben mehr Zugkraft nöthig ist, als auf festen Bahnen. Dieses ist eine vielfältig bestätigte Erfahrung, und die Erhöhung des Bedarfs an Zugkraft kann sehr bedeutend werden, wenn die Bahn nicht stets durch neue starke Hölzer

in dem besten Stande erhalten wird. Dieses ist wieder ein Umstand, welcher dem wesentlichen Zwecke von Eisenbahnen geradezu entgegenläuft.

Die plattirten Bahnen sind daher im Allgemeinen wenig zu empfehlen, außer etwa, wo es, wie schon bemerkt, am ersten Anlage-Capital fehlt, oder wo auf kein langes Bestehen der Bahn gerechnet wird, oder wo Holz im Ueberfluß vorhanden ist.

Wir müssen hier nun noch einiger Constructionsarten erwähnen, welche sich an die sogen. amerikanische anschließen. Dahin gehört die, zuerst von dem rühmlichst bekannten Eisenbahningenieur Vignoles in England vorgeschlagene (Dingler, Bd. 64, S. 1 rc.), und dann von ihm auf der London-Croydon-Bahn (s. Simms a. a. O. S. 63 und Taf. 72) angewendete Constructionsart, welche den weiter oben speziell auseinander gesetzten Zweck hat, eine möglichst ununterbrochene Schienenreihe zu bilden, die aber von den übrigen englischen Eisenbahnen wesentlich abweicht. Fig. 2, Taf. XLVI, giebt einen Querdurchschnitt von einer Schiene, von welcher das laufende Yard 48 Pfund wiegt, und Fig. 3 giebt einen Querdurchschnitt von der ganzen Bahn. a ist ein Querbalken von Kiefernholz, der auf einem möglichst festen Boden von einem 18 Zoll tiefen Steinschlag liegt. Diese Querbalken a liegen 3 Fuß, aus der Mitte eines jeden gemessen, von einander entfernt; jeder ist $8\frac{1}{2}$ Fuß lang, 9 Zoll breit und $4\frac{1}{2}$ Zoll stark. Auf diesen Querbalken liegen andere kieferne Balken b, in der Längenrichtung der Bahn, welche ebenfalls 9 Zoll breit und $4\frac{1}{2}$ Zoll stark sind. Die beiderlei Balken sind durch eiserne Bolzen und Nägel von Eichenholz mit einander verbunden. Auf die Balken b sind die Schienen mittelst Holzschrauben, welche durch die bei dd, Fig. 2, vorhandenen Löcher gehen, von denen 6 ein Pfund wiegen und von denen, auf 3 Fuß Länge, 4 vorhanden sind, eingeschraubt. Dieses Einschrauben veranlaßt eine weit größere Festigkeit als ein Annageln.

Genaue und sorgfältig angestellte Beobachtungen haben dargethan, daß bei dem Uebergange sehr schwerer Lasten über die Bahn nur im höchsten Grade geringe Erschütterungen stattfanden. Dieser Vorzug der auf solche Weise construirten Eisenbahnen scheint daher zu rühren, daß das ganze System der Balkenunterlagen und der Schienen, der darüber weggehenden Last etwas nachgiebt. Die Bahn ist nie ohne die erforderliche Elasticität und zu gleicher Zeit ist die Nachgiebigkeit gleichförmig, der eine Theil wird nicht mehr zerrüttet als der andere, da die Elasticität des Ganzen jeden Theil wieder in seine richtige Lage bringt; denn es muß ausdrücklich bemerkt werden, daß mit der Elasticität der Schienen und Balken durchaus keine eigentliche Biegung derselben verbunden ist. Durch jene aber wird die sehr schädlich erschütternde Bewegung, welche veranlaßt wird, wenn große Lasten mit großer Geschwindigkeit über eine unelastische Bahn gehen, vermieden. Die Schienen, von denen das Yard 48 Pfund wiegt, sollen dieselben Dienste thun, wie gewöhnliche Schienen von der Form eines doppelten T, von denen das Yard ein Gewicht von 75 Pfund hat und die von 3 zu 3 Fuß durch einen Stuhl unterstützt sind. Aehnliche Schienen, wie die hier beschriebenen, werden auch auf der Manchester- und Bolton-Eisenbahn angewendet, und auf der Grand-Junction-Bahn solche von der

sonderbaren Form Fig. 4, Taf. XLVI, die aber ebenfalls auf Längenbalken befestigt werden müssen.

4) Wir betrachten nun noch die Constructionsarten mit fortlaufender fester Unterstützung der Schienen. Es sind dabei zuvörderst die Vorschläge von dem Engländer Reynold zu berücksichtigen. — Derselbe nahm im Mai 1835 ein Patent auf seine Methode, den Schienen in ihrer ganzen Lage eine vollkommen gleiche Unterstützung zu geben, so daß sie nicht durch eine auf ihnen ruhende Last an einem Punkte mehr als an dem andern eingebogen werden können. Er bezweckt dies entweder durch gußeiserne Träger, welche auf dem befestigten Boden in solcher Breite aufruhen, daß sie nirgends eingedrückt werden können, und welche entweder mit der Schiene aus einem Stück gegossen sind, oder dieselbe nur unterstützen, oder auch durch Träger von Steinen gehalten werden, welche auf ähnliche Art wie die gußeisernen auf der Kante stehen und die Schienen in allen Theilen unterstützen. Fig. 12 und 13 auf Taf. XLV giebt einen Durchschnitt der Träger mit darauf gegossenen Schienen, und zwar ist Fig. 12 ein Durchschnitt durch die Mitte der Schiene, Fig. 13 dagegen ein Durchschnitt durch einen Verbindungspunkt, wo die eine Schiene erweitert als Unterlage, die andere daraufgeschrobene zusammengezogen ist, und wo der Zwischenraum vor den Vorstößen des erstern Lagers und den Flügeln des zweiten dazu bestimmt ist, Keile aufzunehmen, durch welche beide Schienen so in geradliniger Richtung von einander befestigt werden, daß sie eine vollkommene Steifigkeit erlangen. Soll die Schiene nicht mit dem Träger aus einem Stück gegossen sein, so wird auf letzterm eine fortlaufende Rippe angebracht, auf welche sich die Schiene legt und mit zwei zur Seite angebrachten Lappen immer über dieselbe übergreift. Die Formen der Träger und Schienen, welche Hr. Reynold vorschlägt, sind höchst mannigfaltig, und die vorliegende wird von ihm namentlich noch zur Fortleitung von Gas, etwa zur Gasbeleuchtung u. s. w. empfohlen, weshalb er auch die Art und Weise, wie die Schienen luftdicht an einander zu befestigen sind, näher beschreibt. Fig. 14 zeigt die Befestigung einer Verbindungsstelle mit Schrauben und Bolzen. Die Träger werden 9—12 Fuß lang gegossen und wiegen auf den Fuß 50 Pfund. Fig. 23 ist ein Durchschnitt gußeiserner Träger cc, worin Holzschwellen T liegen, welche gewalzte Eisenschienen W tragen; sie wiegen 33 Pfund auf den Fuß. Fig. 24 und 25 zeigt zwei geänderte Constructionen, der Träger mit Zwischenlegung von Holz und der ganz gußeisernen Träger; dabei wiegt von Fig. 24 der Träger 24 und die Schiene 9 Pfund, auf den Fuß, bei Fig. 25 dagegen der hohlgegossene Träger 28 Pfund.

Die Vorzüge der Construction, bei welcher die Träger übrigens bloß auf den gewöhnlich angewendeten Steinschlag gelegt werden, sollen sein, daß nicht wie bei den gewöhnlichen Bahnen, starre mit biegsamen Stellen abwechseln, durch welche der Wagen in der Minute 5 bis 600 Mal gehoben und gesenkt, daß das ungleiche Niederdrücken der Steinblöcke und Aufschnellen der Schienen aus dem Stuhle vermieden, daß an Anlagekosten, Materialkosten u. s. w. erspart wird, und endlich die Unterhaltungskosten sich vermindern.

Die Construction hat einen Versuch zu ihrem Vortheile aufzuweisen; 6 Wochen lang lagen Schienen dieser Construction auf 11 Ruthen Länge auf einer der weichsten Stellen des Sumpfes der Liverpool-Manchester-Bahn, blieben vollkommen horizontal, bedurften weiter keiner Nachhülfe, und contrastirten in ihrer Stabilität gar sehr gegen die anstoßenden gewalzten, auf hölzernen Trägern liegenden Schienen. Die feste Lage ohne weitere Befestigung scheint darauf zu beruhen, daß sie sehr weit fortlaufende Stangen bilden, die selbst nicht durch einen sehr starken Seitendruck umgeworfen werden können. Die Nachtheile, welche Koth, Wasser, Schnee, Eis u. s. w. bei diesen Schienen bewirken müssen, sind freilich weiter nicht erwähnt worden.

Diese Constructionsart erfüllt, nach der Meinung des Hrn. Crelle, nur die erste von den fünf im vorigen Capitel gemachten Bedingungen an eine gute Eisenbahn, auf das vollkommenste. Die Schienen sind in allen Punkten ungemein fest und sicher unterstützt, und es ist beinahe unmöglich, daß sie eingedrückt oder zur Seite geschoben werden können; auch ist ein Bruch, wenigstens quer durch, schwerlich möglich. Die Bahn wird also immer völlig eben bleiben, und sie kann nie holperig werden; was eine so wesentliche Hauptsache ist. Zwar könnte es beim ersten Anblick scheinen, daß die Schienen, da sie unten die Gestalt eines Keils haben, und folglich auch wie ein Keil wirken, den Steinschlag, sobald die schweren Fuhrwerke darauf fahren, aus einander treiben werden; allein dies ist nicht zu befürchten. Erstens nämlich ist der Keil, den die Schienen bilden, viel zu stumpf, als daß ein starker Druck nach der Seite entstände. Der Druck, welchen ein Keil nach der Seite, also hier horizontal, ausübt, verhält sich im Allgemeinen zu dem Drucke senkrecht auf den Keil, wie der horizontale Auslauf des Keils zu seiner Höhe; denn, wenn z. B. der Keil um seine ganze Höhe hinunter getrieben würde, so würde der Punkt, welcher Anfangs neben seiner Spitze lag, um den horizontalen Auslauf des Keils seitwärts getrieben worden sein; mithin verhalten sich die Wege, welche der Keil und der Widerstand gegen denselben gleichzeitig durchlaufen haben würden, wie seine Höhe zu seinem Auslauf; und wie die Wege verhalten sich, nach einem allgemeinen Naturgesetze, auch die Kräfte; folglich verhält sich der senkrechte Druck auf den Keil zu der Wirkung, die er horizontal, seitwärts ausübt, wie die Höhe zu seinem Auslauf, also zu seiner halben oberen Breite. Die Reynold'schen Schienen bilden nun unten einen rechten Winkel, und folglich ist hier die Höhe des Keils seinem Auslauf oder seiner halben oberen Breite gleich; also ist der Druck des Keils nach der Seite im Allgemeinen nicht stärker, als der Druck auf denselben von oben; im Gegentheil vielmehr, aus anderen Gründen, insbesondere wegen der Reibung der Seiten des Keils auf den Steinen, viel schwächer. Es widerstehen aber die Steine hier nach den Seiten im Allgemeinen eben so stark, als von unten nach oben, weil sie auch seitwärts gegen die Erde sich stemmen, daher ist schon aus diesem Grunde von der Wirkung der Schienen als Keil nichts zu fürchten. Es würde nur dann so sein, wenn der Keil, statt stumpf zu sein, spitz, scharf oder flach wäre. Aber die Befürchtung verschwindet noch vollends, wenn man zweitens erwägt, daß, wegen der fortlaufenden Unterstützung der Schienen, der Druck der Wagenräder auf die Schienen sich sehr vertheilt. Die keil-

förmige Gestalt der Schienen würde allerdings, obgleich der Keil nur flach und stumpf ist, immer noch bedenklich sein, wenn nur in einzelnen Punkten keilförmige Stützen die Schienen trügen; denn alsdann würde die Grundfläche, auf welche die Last und der Stoß wirkt, nur klein sein; so aber, da die Schienen fortlaufend überall unten gleich breit sind, vertheilt sich die Last und der Stoß auf eine verhältnißmäßig große Fläche, und folglich ist der Widerstand der Steine gegen den Angriff auf sie so groß, daß von der keilförmigen Gestalt der Schienen in der That nichts befürchtet werden darf; was auch die Erfahrung bei Liverpool schon bestätigt hat.

Die bedeutende Fläche, mit welcher die Schienen auf dem Steinschlage, und vermittelst desselben auf dem Boden ruhen, ist die Ursache der großen Festigkeit der Unterstützung, welche sie gewähren. Wenn bei der gewöhnlichen englischen Constructionsart gewalzte, 15 Fuß lange Schienen alle 3 Fuß von einzelnen Steinen, die $1\frac{1}{2}$ Fuß lang und $1\frac{1}{2}$ Fuß breit sind, also $2\frac{1}{4}$ Quadratfuß Grundfläche haben, getragen und die Tragsteine auf einen Steinschlag gesetzt werden, so wird zwar allerdings noch der Druck eines Rades der Fuhrwerke, wenn es sich gerade mitten auf einem Stein befindet, von $2\frac{1}{4}$ Quadratfuß Fläche des Steinschlages getragen. Befindet sich das Rad auf der Schiene gerade mitten zwischen 2 Steinen, und die Schiene ist sonst stark genug, so kann man sogar annehmen, daß die Last des Rades von 2 Steinen zugleich, also von $4\frac{1}{2}$ Quadratfuß Steinschlag getragen wird. Auch tragen wenigstens $2\frac{1}{4}$ Quadratfuß Steinschlag das Rad noch dann, wenn es sich mitten über einem Steine befindet, auf welchen der Stoß zweier Schienen trifft; aber anders verhält es sich, wenn das Rad eben erst bei der Kante eines solchen Steines angelangt ist; denn, da hier die Tragkraft der Schienen selbst völlig unterbrochen ist, und die Enden der Schienen fast gar nichts tragen, so wirkt das Rad jetzt bloß auf die Kante oder den Rand des Steins, und es läßt sich höchstens rechnen, daß nur noch der vierte Theil der Grundfläche des Steins, folglich nur $\frac{9}{16}$ Quadratfuß Steinschlag trägt. Eine solche Stelle ist eine schwache Stelle der Bahn, und es geschieht hier, daß die Steine leicht schief eingedrückt werden; was denn, auf die weiter oben beschriebene Weise, die baldige Zerstörung der Bahn nach sich zieht. Der Steinschlag wird bei der Unterstützungsart der Schienen durch einzelne Steine immerfort verschieden gedrückt; bald widerstehen $4\frac{1}{2}$ Quadratfuß Steinschlag, bald nur $2\frac{1}{4}$, und bald sogar nur höchstens $\frac{9}{16}$ Quadratfuß. Anders verhält es sich bei den Reynold'schen Schienen. An sich selbst schon besitzen diese Schienen augenscheinlich eine bei weitem größere Tragkraft, als die stärksten gewalzten Schienen, und würden weit stärker und auf größere Entfernungen tragen als diese, wenn man sie selbst auf einzelne Punkte legen, und, wie die gewalzten Schienen, balkenartig tragen lassen wollte. Sie sind 7 Z. hoch und 10 Z. oben breit, während die stärksten gewalzten Schienen nur etwa 4 Z. hoch, oben und unten 2 Z. und in der Mitte nur $\frac{1}{2}$ bis $\frac{3}{4}$ Zoll breit sind. Die Reynold'schen Schienen haben also, obgleich hohl gegossen, offenbar an sich eine viel größere und wohl 10 mal so starke Tragkraft, als die stärksten gewalzten. Sie würden zuverlässig, wenn gewalzte Schienen auf 3 Fuß lang zu tragen vermögen, wenigstens auf 6 Fuß lang widerstehen. Die Kraft also, welche in irgend einem Punkte der Reynold'schen Schienen auf dieselben drückt, vertheilt sich auf wenigstens 6 Fuß Länge, und folglich, da die Schienen, horizontal gemessen, 10 Zoll oder $\frac{5}{6}$ Fuß breit sind, auf 5 Quadratfuß Steinschlag; also tragen hier 5 Quadratfuß Steinschlag, statt daß bei der Unterstützungsart durch einzelne Steine nur abwechselnd $4\frac{1}{2}$, $2\frac{1}{4}$ und $\frac{9}{16}$ Quadratfuß widerstehen; und zwar ist der Steinschlag in allen Punkten unverändert und ohne alle Abwechselung völlig derselbe; was allein schon, betrüge der Widerstand auch nur halb so viel und noch weniger, eine sehr große Festigkeit giebt, und mehr werth ist, als der stärkste Widerstand, wenn er mit schwachen Stellen abwechselt. Die Reynold'schen Schienen tragen also bei weitem stärker als gewalzte, in einzelnen Punkten unterstützte Schienen.

Man erwäge auch noch, um die große Stärke der Tragkraft der Reynold'schen Schienen zu ermessen, Folgendes. Der Erfahrung nach, ist nämlich der Steinschlag einer Chaussee vermögend, in Bewegung befindlichen Fuhrwerken zu widerstehen, die auf 4 Rädern an 100 Centner geladen haben. Die Felgen der Räder sind nicht leicht über 4 Zoll breit; es mögen indessen 6 Zoll breite Felgen angenommen werden. Der Eindruck, welchen die Räder in die Oberfläche der Chaussee machen, ist, wenn dieselbe in gutem Stande sich befindet, sehr gering; und nicht leicht wird ein Rad auf mehr als 3 Zoll lang aufruhen. Die 4 Räder des mit 100 Centner beladenen Wagens drücken also auf nicht mehr als 4 mal 18 Quadratzoll, oder zusammen auf 72 Quadratzoll Steinschlag, und diese 72 Quadratzoll oder $\frac{1}{2}$ Quadratfuß Steinschlag sind der Erfahrung gemäß vermögend, einer in Bewegung befindlichen Last von wenigstens 100 Centner zu widerstehen. Die Reynold'schen Schienen werden nun unter jedem der 4 Räder, wie oben bemerkt, von 5 Quadratfuß, also zusammen von 20 Quadratfuß Steinschlag, mithin 40 mal so kräftig getragen, als ein Fuhrwerk von einer Chaussee. Wären also auch die auf den Schienen fahrenden Bahnfuhrwerke und Dampfwagen nicht bloß, wie sie es sind, 2 mal so schwer als ein mit 100 Centner beladenes gewöhnliches Fuhrwerk auf der Chaussee, sondern 4 mal so schwer; wären ferner die Stöße der Räder auf die glatten Schienen eben so stark, wie auf die verhältnißmäßig unebene Chaussee, was so wenig der Fall ist, daß vielmehr die Wirkung der vollkommenen Glätte reichlich die der größern Geschwindigkeit der Bahnfuhrwerke aufwiegt; und wäre endlich die Steinschlagfläche, welche die Schienen trägt, auch nur halb so groß, als angenommen, so würde immer noch der Steinschlag unter den Schienen 5 mal so stark widerstehen, als derjenige einer Chaussee. Es verschwindet also offenbar jeder Zweifel an der Festigkeit der Unterstützung und an der vollkommenen Tragfähigkeit der Reynold'schen Schienen, und es folgt daher, daß durch dieselben die erste der fünf Bedingungen in sehr vollkommenem Maaße erfüllt wird.

Ob die zweite Bedingung, nämlich die Erhaltung des Parallelismus, von den Reynold'schen Schienen erfüllt werde, könnte zweifelhaft scheinen, und es ließe sich wohl beim ersten Anblick fürchten, es möchten, da die Schienen nicht in dem Boden befestigt sind, sondern nur bloß auf

dem Steinschlage aufruhen, die Fuhrwerke durch Schwanken und Schlendern nach der Seite vermögend sein, die Schienen um und aus ihrer keilförmigen Grube seitwärts hinaus zu werfen. Diese Befürchtung möchte auch wohl, im Fall die Schienen nur in vereinzelten Stücken die Bahn unterstützten, vollkommen begründet sein. So aber, da sie mit einander zu fortlaufenden Reihen, oder Strängen, fest verbunden sind, und jede Schiene, so lang sie sich auch erstrecken mag, gleichsam nur eine Masse ausmacht, ist die Befürchtung völlig unbegründet; denn es ist nicht möglich, daß eine so lange Schiene, die ein ungeheures Gewicht hat, nach der Seite hin in Bewegung gesetzt werden könne, so schwer auch die Fuhrwerke, und so stark auch ihr Druck nach der Seite hin sein mögen. Uebrigens wäre es leicht, jene Befürchtung dadurch noch gänzlich zu heben, daß man den Schienen eine Verlängerung nach unten gäbe, und sie so, gleichsam wie durch eine Wurzel, auch noch in dem Boden befestigte. Reynold selbst schlägt dies, wie wir weiter oben sahen, vor.

Rücksichtlich der dritten Bedingung, der Ableitung des Wassers, lassen sie das Bessere zu wünschen übrig. Das Wasser läßt sich hier füglich nur unter die Schienen und unter den Steinschlag hindurch mittelst Rinnen ableiten; und eine solche Entwässerung ist augenscheinlich nur sehr unvollkommen.

Die vierte Bedingung einer guten Eisenbahn, daß Ausbesserungen nur möglichst selten vorkommen müssen, und daß sie, wenn sie vorkommen, leicht und ohne viele Unterbrechungen der Passage zu bewerkstelligen sein müssen, erfüllen die Reynold'schen Schienen wieder sehr gut; denn es ist fast unmöglich, daß, wenn sonst für die feste Lage des Steinschlages auf irgend eine Weise gesorgt ist, Ausbesserungen anders vorkommen können, als wenn die Schienen abgerieben sind und neue eingezogen werden müssen, oder, wenn etwa die Zusammenfügung der Schienen in den Stößen nachgiebt; welche Ausbesserungen dann aber auch ohne viele Schwierigkeiten und Aufenthalt ausführbar sind.

Rücksichtlich der fünften Bedingung, nämlich des Kostenpunkts, ist das Resultat, wie sich oben zeigte, eben nicht günstig. Die Anlagekosten sind hoch; und wenn gleich dies noch nicht entscheidend sein würde, so dürften doch auch die Erhaltungskosten hoch sein, so daß die größere Festigkeit und Ebenheit der Bahn mit nicht unbedeutenden Geldopfern zu erkaufen sein würde; was freilich auch noch immer nicht unräthlich, aber doch übel ist. Die Höhe der Erhaltungskosten rührt vorzüglich daher, daß zu befürchten ist, die gegossenen Schienen werden bald abgerieben werden, was zumal hier kostbar ist, da die Schienen nur aus einem Stück bestehen, und also, wenn der obere Theil abgerieben ist, die ganze Masse umgegossen werden muß. Es wäre also wohl zu wünschen, daß der obere Theil der Schienen, auf welchem die Räder laufen, vom Uebrigen abgesondert, für sich bestehe, damit er ohne das Uebrige, dessen Dauer sehr groß sein kann, allein und abgesondert sich erneuern lasse, auch, wenn man will, gewalztes Eisen statt gegossenem dazu genommen werden könne. Reynold schlägt auch, wie wir sahen, solche, nicht aus einem Stück bestehende, sondern zusammengesetzte Schienen, den obern Theil von gewalztem Eisen vor; allein er bringt den oberen Theil mit dem unteren durch Holz in Verbindung, und dieses möchte wieder alle die Uebelstände zur Folge haben, die im Geleite der Vergänglichkeit und Unfestigkeit des Holzes sind. Hier also bleibt ebenfalls noch das Bessere zu wünschen übrig.

Die großen Vorzüge der Reynold'schen Schienen einerseits, und das, was sie noch zu wünschen übrig lassen, andererseits, haben Hrn. Crelle bewogen, weiter über diesen Gegenstand nachzudenken, und zu versuchen, ob sich nicht Mittel finden lassen, ohne etwas von den Vorzügen fortlaufend unterstützter Schienen aufzugeben, auch das, was noch dagegen einzuwenden sein möchte, zu heben, und sie so der Vollkommenheit näher zu bringen. Er glaubt, daß dies auf verschiedene Weise möglich sei, und hat dies in seiner trefflichen, schon vorn angeführten Schrift: „Ueber verschiedene Arten von Eisenbahnschienen ꝛc.“, S. 39 ꝛc. weitläuftig auseinandergesetzt, worauf wir jedoch nur verweisen können. *

Wir wollen nun am Schluß dieses wichtigen Capitels noch die Meinung des Herrn Crelle wegen Beantwortung der Frage mittheilen, welcher von den verschiedenen Schienenarten der Vorzug vor den übrigen gebühren dürfte. Zu dem Ende müssen wir mit wenigen Worten recapituliren, ob und in wie fern die einzelnen weiter oben beschriebenen Arten den nöthigen Anforderungen entsprechen.

Die englische Art mit gewalzten Schienen, auf einzelne Steine gelegt, erfüllt beinahe keine der 5 Bedingungen im vollen Maaße. Eine solche Bahn ist, wenigstens auf weichem Boden, weder gegen den Druck und Stoß der Wagen von oben, noch gegen den Seitendruck der Räder fest genug. Sie muß nothwendig bald holperig und uneben und dann bald zerstört werden. Die Ableitung des Wassers ist nicht vollständig; Reparaturen kommen sehr häufig vor und auch die Kosten sind nicht geringe. Schwerere Schienen können auch nicht immer helfen.

Die belgische Art hat schon den Vortheil einer sehr guten Erhaltung des Parallelismus der Schienen; auch ist die Wasserableitung besser, die Fundamentirung fester und die Kosten sind, wenn man hölzerne Quer-Unterlagen legt, wenigstens für die erste Anlage, geringe. Doch sind steinerne Quer-Unterlagen bei weitem besser, weil dann seltener Reparaturen vorkommen und also die Fahrt weniger oft unterbrochen wird. Die belgische Art ist also, und zumal wenn man die einzelnen Schienen mit einander verbindet, im Allgemeinen besser.

Von der amerikanischen Art ist ein wesentlicher Vorzug der, daß sie eine Art fortlaufender Fundamentirung besitzt; der Vorzug der geringen Anlagekosten ist dagegen nur scheinbar; denn die Kosten mit Rücksicht auf die Erhaltung sind sogar höher als die beinahe aller vorhergehenden Arten. Auch die größere Festigkeit der Fundamentirung ist nur mehr scheinbar; denn sie findet nur statt, so lange die Bahn neu und das Holz noch ganz fest ist. Späterhin wird die Bahn ebenfalls leicht holperig werden, und ein Hauptübel bei derselben ist, daß sie dann mehr Zugkraft erfordert. Außerdem ist ein Uebel dieser Con-

* Zu berücksichtigen ist auch in dieser Beziehung die folgende kleine Schrift: Wiebe, Einige Mängel der bestehenden Eisenbahnen nebst Andeutungen zu deren Abhülfe. Potsdam 1838.

structionsart, daß sie sehr häufig und fortwährend Ausbesserungen nöthig hat. Desgleichen ist es ein Uebel für Gegenden, die keinen Ueberfluß an Holz haben, daß diese Art Bahnen eine große Masse von Holz verzehrt, welches zu erzielen, eine nicht unbedeutende Landfläche erforderlich ist, die besser benutzt werden kann. Diese Art ist daher nur da etwa zu empfehlen, wo man mit möglichst wenigen Kosten nur erst eine Straße öffnen will, oder wo es an Eisen und Steinen fehlt und wo Holz im Ueberflusse vorhanden ist; in anderen Gegenden, also auch in Deutschland, im Allgemeinen nicht.

Die Reynold'sche Art erfüllt wenigstens die vorzüglichste Bedingung der festen Fundamentirung und dauernden Ebenheit der Bahn sehr gut, so wie auch recht gut die der Erhaltung des Parallelismus der Schienen und der Seltenheit der Reparaturen. Nur ist die Wasserableitung noch unvollständig. Die Kosten dieser Art sind hoch.

Ehe wir jedoch dies Capitel beschließen, wollen wir erst noch nachträglich einige Bemerkungen über die Construction der Great-Western- oder London-Bristol Eisenbahn machen, welche gegen die der übrigen englischen Eisenbahnen sehr bedeutend abweicht.* A, A, Fig. 4 und 14, Taf. XLVI, ist eine schmiedeeiserne Schiene, welche auf den zur Unterlage dienenden Balken CC niedergeschraubt wird. B ist ein keilförmiges Stück Eichenholz. Die eiserne Bindestange verbindet die beiden Unterlagen CC. Die Pfähle E, E haben acht Fuß Länge auf acht Zoll im Durchmesser und sind an den untern Enden zugespitzt. F stellt das als Ballast dienende Material vor, und G den aufgeführten Damm.

Man verfährt im Wesentlichen folgender Maßen. Man treibt in den aufgeführten Erdbau mittelst einer Ramme Pfähle aus kyanisirten Buchenstämmen von 8 Fuß Länge und 8 Zoll im Durchmesser in Entfernungen von 15 Fuß von einander so ein, daß die Pfähle zweier einander entsprechender Schienenlinien, wie man zu sagen pflegt, im Verbande und nicht einander gegenüber stehen. Auf diese Pfähle werden der Länge nach fortlaufende Balken aus kyanisirtem Kiefernholze von 13 oder 14 Zoll Breite auf $6\frac{1}{2}$ oder 7 Zoll Dicke gelegt, und fest in den Boden, der vorher eben gemacht und gut gestampft sein muß, eingebettet. Auf diese Balken legt man endlich die Schienen, zwischen denen ein Raum von $7\frac{1}{2}$ Fuß im Lichten gelassen ist. Zwischen die Schiene und den Balken kommt jedoch noch ein keilförmiges Stück Eichenholz oder auch ein sonstiges hartes Holz von 8 Zoll Breite, welches an der äußeren Kante $1\frac{1}{2}$, an der inneren hingegen $1\frac{1}{4}$ Zoll

* Aus Dingler's Journal, Bd. 68, S. 339 ꝛc.

Dicke hat. Die Schienen bekommen hierdurch eine geringe Neigung nach innen zu, so daß deren Scheitel mit dem ebenen oder conischen Randkranze der Räder, der die Schienen mit einer diesem Scheitel gleichkommenden Breite und nicht wie nach der gewöhnlichen Methode mit einem Punkte berührt, coincidirt. Die Schienen bestehen aus Schmiedeeisen, sind hohl und bei einer Länge von 15 Fuß in der aus Fig. 4 ersichtlichen Gestalt ausgewalzt. Ihr Scheitel hat zwei, ihre Basis 6 Zoll Breite; ihre Höhe beträgt $1\frac{3}{4}$ Zoll. Durch die zu beiden Seiten angebrachten Randvorsprünge sind in Entfernungen von 18 Zoll von einander Löcher gebohrt, damit die Schienen ohne Stühle mittelst 8 Zoll langer Schrauben an den Unterlagen befestigt werden können. Damit die Unterlagen oder Balken C, C nicht auseinander weichen können, sind in Distanzen von 15 Fuß eiserne Bindebalken in sie eingelassen. Der obere Theil der Bahn wird wie gewöhnlich mit Ballast überführt.*

* Man hat auf dieser Bahn zwischen London und Maidenhead in einer Strecke von 3 Meilen zur Erprobung der Schienen bereits mehrere Fahrten angestellt, und das Resultat ist sowohl in Hinsicht auf diese, als in Rücksicht auf die größere Breite zwischen den Schienenlinien, und auf die Anwendung von fortlaufenden Unterlagen aus kyanisirtem Holze sehr genügend ausgefallen. Eine Maschine mit 8 Fuß hohen Zugrädern aus der Fabrik der HH. Tayleur und Comp. in Warrington, welche 23 Tonnen wiegt, und eine andere Maschine aus der Werkstätte der HH. Mather und Dixon in Liverpool, welche gegen 19 Tonnen wiegt, liefen mehrere Tage, ohne daß sie die geringste Erschütterung der Schienen oder des ihnen als Grundlage dienenden Holzes erzeugten. Die Schienen sollen in der That so fest, eben und genau liegen, daß die Maschine eben so leicht über sie hingleitet, wie die Schütze durch einen Webstuhl. Weder Geräusch, noch irgend ein Kraftaufwand ist bei der Bewegung bemerkbar, und eben so wenig ist zwischen den Gefügen der Schienen und ihren mittleren Theilen irgend ein Unterschied bemerkbar. Man erreichte, obwohl das Maximum auf einer so kurzen Strecke nicht thunlich ist, eine Geschwindigkeit von 45 bis 50 englischen (10 bis 12 deutschen) Meilen in der Zeitstunde, und man hoffte diese Leistung noch bedeutend höher zu bringen. — Wir fügen hiezu noch an, was der Liverpool-Albion über die Probefahrten berichtet, welche auf 6 englische Meilen der Eisenbahn zwischen Manchester und Bolton, deren Schienen zum Theile auf kyanisirtes Holz, zum Theil auf Stein gelegt sind, vorgenommen wurden. Es heißt nämlich, daß die Holzunterlage sowohl in Hinsicht auf Geräusch als in Hinsicht auf Sanftheit der Bewegung einen entschiedenen Vorzug vor der Steinunterlage erkennen ließ, obwohl auch bei letzterer das Geräusch viel geringer und die Bewegung viel milder ist, als auf den auf steinerne Querunterlagen gelegten Schienen. Die Schienen sind nämlich an dieser Bahn in ihrer ganzen Länge auf einer ununterbrochen fortlaufenden Holz- oder Steinunterlage befestigt.

Viertes Capitel.

Von den Ausweichstellen, den Drehscheiben und dem Durchschneiden der Chausseen und Wege durch die Eisenbahnen.

Die Eisenbahnen sind entweder einfach, d. h. sie bestehen nur aus zwei Reihen paralleler Schienen, oder sie sind doppelt, d. h. sie bestehen aus vier Schienenreihen. Ob man das Eine oder das Andere wählt, hängt lediglich von der Frequenz einer Bahn ab. Ist der Verkehr sehr stark, so ist eine Doppelbahn durchaus nothwendig, weil alsdann die Ausweichstellen, welche wir sogleich beschreiben wollen, nicht mehr ausreichen.

Wenn eine Eisenbahn einfach ist, oder nur zwei Reihen Schienen hat, so müssen Verdoppelungen vorhanden sein, wo die sich begegnenden oder die mit verschiedener Geschwindigkeit fahrenden Wagen einander ausweichen können.* Die Entfernung der Ausweichstellen oder Ausweichplätze (Siding or passing places, im Engl.) von einander, richtet sich nach der Frequenz der Straße, die Länge der Ausweichstellen nach der Länge des Zuges der aneinander gehängten Wagen. Die Länge der Ausweichstellen zusammen beträgt den 17ten bis 18ten Theil der Bahn, und wo die Passage frequent ist, auch wohl noch mehr. Auf Bahnen, wo mit Dampfwagen transportirt wird, muß in der Ausweichung wenigstens der Raum für den Dampfwagen und alle (20—24) angehängten Wagen sein. Der Raum zwischen der Haupt- und der Neben- oder Ausweichbahn beträgt gewöhnlich nur 4 bis 5 Fuß. Bei der Darlington-Bahn sind die Ausweichplätze in der Hauptlinie nur soweit von einander entfernt, daß man immer von einem zum andern sehen kann, und ein eigenes Reglement bestimmt, welche Wagen bei dem Begegnen in der Hauptbahn bleiben, und welche in den Ausweichplatz fahren müssen. Fig. 1, Taf. XLVII, zeigt die Hälfte eines Ausweichplatzes; es sind im Grundriß auf demselben die verschiedenartigen Schienenstücke (Radlenker, Switches, engl.) ab, cd und ef, bemerkbar.

Die Schienenstücke cd und ef sind Zungen von Schmiedeeisen, welche um die Punkte c und e beweglich sind und geöffnet und geschlossen werden, je nachdem der Wagen sich bewegen soll. Findet die Bewegung des Wagens in der Richtung von A nach B statt, so wird die Zunge cd geöffnet, die Zunge ef bleibt aber geschlossen. Bei der Fahrt von C nach A bleibt cd geschlossen und ef wird geöffnet. Bewegt sich der Wagen von B nach A, so schließt der Wagen die Zungen durch den Spurkranz der Räder nach Bedürfniß. Bei der Bewegung von C nach A, schließt der Wagen die Zungen von selbst. Hieraus ist ersichtlich, daß nur allein bei der Bewegung des Wagens von A nach B der Wagenführer nöthig hat, auf die Lage der Zunge zu achten, und wenn sie für die Richtung, welche der Wagen nehmen soll, nicht passen, abzusteigen und die beweglichen Zungen zurecht zu legen. Es ist aber nöthig, daß die Zungen immer so liegen bleiben, daß die Hauptbahn geöffnet ist.

* Aus den „Allgemeinen Belehrungen über Eisenbahnen" (Mainz 1836), S. 12 rc.

Um die Zungen in ihrer Lage zu erhalten, werden keilförmige Eisenbleche von 4 bis 6 Zoll Länge und $^1/_2$ Zoll Stärke, welche an kleinen Kettchen befestigt sind, zwischen einem auf der Schiene angegossenen Vorsprung und die Zungen eingeschoben.

Zur Verhinderung des Anstoßens der Spurkränze der Wagenräder an die Spitze, sind auf jeder der äußern Seite die Leit- oder Einweiseschienen (check rails, engl.) gh angebracht, die häufig aus Holz bestehen und mit Eisen beschlagen, gewöhnlich 6 Fuß lang sind.

Um die Zunge bei f, wenn ein Wagen von B nach A gefahren ist, von selbst zu schließen, wodurch die Hauptbahn zur Passage frei wird, hat man mehrfache mechanische Vorrichtungen, von denen die auf der Liverpool-Manchester Bahn sehr zweckmäßig zu sein scheint. Es dreht sich nämlich ein Theil der Schienen selbst um einen Mittelpunkt und legt sich nach Erfordern in die eine oder in die andere Richtung der Bahn. Die beweglichen Theile der Schienen sind ungefähr 6 Fuß lang, und etwa 4 Zoll von ihrem Ende geht eine Stange hindurch, welche sie zieht oder treibt. Diese Stange endigt sich an der Seite der Bahn in ein horizontales Rechteck von 8 Zoll Breite und 16 Zoll Länge, in welchem sich ein excentrisches Stück bewegt, dessen vertikale Axe nach Belieben vermittelst eines 3 Fuß langen Hebelarms gedreht wird. Dadurch können die Enden der Schienen etwa um 4 Zoll verschoben werden. Das Ganze ist von geschmiedetem Eisen. Eine andere Vorrichtung dieser Art, von der Brüsseler Bahn entlehnt, ist durch die Fig. 5, Taf. XLVI, erläutert. Wo nämlich die einfache Bahn in die dreifache (wegen der Ausweichungen) übergeht, sind die $7^1/_2$ Fuß lange Schienenstücke, ab, der einfachen Bahn beweglich, und werden diese um den, am Ende jeder festliegenden Schiene befindlichen Drehpunkt nach Erforderniß so weit links oder rechts seitwärts geschoben, daß sie mit den Schienen der Nebenbahn in Berührung kommen und ein zusammenhängendes Geleise bilden. Das Verschieben der beweglichen Schienentheile wird mittelst einer an den Unterlagen derselben befestigten eisernen Stange cd, durch eine excentrische Scheibe f bewerkstelligt, die man durch eine Kurbel dreht.*

In Amerika sind Ausweichstellen mit biegsamen Schienen vorgeschlagen. Dieselben liegen ungefähr 3 Fuß ihrer Länge fest und können mit der übrigen Länge gebogen werden. Die Einrichtung dieser Schienen ist etwa folgende:

* Da es unthunlich ist, diese und die übrigen in diesem Capitel beschriebenen Vorrichtungen recht deutlich abzubilden, welches nur bei einem recht grosen Maaßstabe der Figuren möglich ist, so verweisen wir auf die Tafeln III, V, VI und VII von dem Atlas zu Rößler's Beschreibung der Nürnberger Eisenbahn (erschienen 1837 im Verlage der Leske'schen Buchhandlung), indem sich diese Abbildungen sehr guter Constructionen durch Genauigkeit und Deutlichkeit besonders vortheilhaft auszeichnen, und weil dieses, jedem Techniker zu empfehlende Werk, leicht

Ungefähr 1 Fuß Schienenlänge wird da, wo die Schiene von der fortgehenden Bahn ausläuft, in einem starken Stuhle mit Keilen befestigt; der übrige Theil der Länge wird auf Stühle gesetzt, die auf Eisenplatten ruhen, so daß sie sich in Leitungen auf denselben ein wenig bewegen können und zwar soviel, als die Abweichung der gebogenen Schienen von der geraden Linie erfordert. Die beiden gegenüberstehenden beweglichen Schienen sind durch mehrere Zwischenstäbe so verbunden, daß sie in immer gleicher Entfernung von einander gehalten werden. Das Wenden oder Biegen der Schienen geschieht durch einen senkrechten Hebel von erforderlicher Länge, an dessen Ende sich eine Kugel befindet, aus deren Stellung man schon in der Ferne auf die Lage der Verbindungsschienen schließen kann, um, wenn die Stellung nicht die gewünschte ist, nöthigenfalls noch zu rechter Zeit anhalten zu können.

Wenn die Geschwindigkeit der Fuhrwerke sehr groß ist, so daß man fürchten muß, die Ränder der Räder bei den Lenkern würden über die Schienen springen, so legt man zur Sicherheit große hölzerne Lenker hin, gegen welche sich die Felgen der Räder auf die Weise stemmen, wie die Ränder der Räder gegen die Schienen. Diese großen Lenker sind 12 bis 16 Fuß lang und bewegen sich auf einem Holz, dessen obere Fläche mit dem Terrain gleich hoch ist. Sie springen über dieses Stück 4 bis 6 Zoll vor, gegen welchen Vorsprung sich die Radfelgen legen. Man bewegt die hölzernen Radlenker besonders.

Die hier beschriebenen Vorrichtungen werden auch da angewendet, um bei Doppelbahnen von einer zur andern zu kommen; jedoch brauchen die Tangenten der alsdann zu machenden Biegungen nicht nothwendig in die Richtung der Hauptlinie zu fallen. Es ist hinreichend, wenn der Winkel des Zusammenstoßens der Linien die Wagen nicht zu plötzlich aus ihrer Richtung lenkt und wenn das Rechteck, welches die geraden Linien zwischen den Berührungspunkten der vier Räder eines Wagens zur Seite hat, überall in die horizontale Projection der zusammenstoßenden Bahnlinien eingeschrieben werden kann. Der Winkel kann nach dieser Regel 3 bis 6 Grad betragen.

Bei den Abgangs- und Ab- und Aufladeorten müssen Nebenbahnen nach den Standorten der Wagen außerhalb der Hauptbahn gebauet werden.

Ist der Verkehr auf einer Eisenbahn sehr stark, so müssen, wie schon bemerkt, zwei Bahnen angelegt werden, die eine für die gehenden und die andere für die kommenden Fuhrwerke. Der Zwischenraum zwischen beiden Bahnen hängt von der Breite der Ladung der Bahnwagen ab. Auf den englischen Hauptbahnen beträgt die Entfernung der Mittellinie des Zwischenraums von der Mittellinie jeder Bahn 4 bis $6^1/_2$ Fuß; auf der Manchester-Bahn z. B. 5 Fuß.

---

zugänglich ist. — Eine Ausweichung auf der London-Birmingham-Bahn enthält die Tafel 51 von Simm's Werk; eine Drehscheibe neuester Construction Taf. 52. Auch in der Railway-Practice von Brees ist auf Taf. 39 und 40 eine Drehscheibe nach einem sehr großen Maaßstabe abgebildet und S. 83 und 84 des Textes sehr genau beschrieben. Eine Ausweichung ist auf Taf. 21 des letztern Werks dargestellt.

Drehscheiben. (Turn-rails, engl.)

Die von einer Hauptbahn abgehenden Seitenbahnen werden gewöhnlich in sanft gekrümmten Bogen angelegt. Wo diese aber, wegen fehlenden Raums nicht angebracht werden können, so z. B. bei kurzen Nebenbahnen, welche an das Ufer der Flüsse zu den Abladeplätzen, oder von den Waarenhäusern zur Bahn führen, wendet man sogenannte Drehscheiben an. Die Fig. 6—9, Taf. XLVI, stellen eine solche Drehscheibe von der Liverpool-Manchester-Bahn mit neben bemerktem Metermaaß dar, und zwar ist Fig. 6 ein Seitenaufriß, Fig. 7 ein Durchschnitt nach ab Fig. 8, Fig. 8 ein Grundriß des untern Theils und Fig. 9 ein Grundriß des obern Theils der Scheibe, welcher letzterer aus Gußeisen besteht. Der Mittelpunkt einer solchen Scheibe bildet den Treffpunkt beider sich schneidenden Bahnen, und sie ist so groß, daß ein Dampf- oder ein Lastwagen (die Personenwagen kommen nicht in diese Häuser) jeder einzeln bequem darauf stehen kann. Die Oberfläche der Scheibe liegt mit der des Wegs in einer Ebene und sind auf derselben 2 Schienen befestigt, welche mit denen beider Bahnen genau einerlei Höhe und Entfernung haben. Ist die Scheibe so gestellt, daß die darauf befindliche Bahn mit der stehenden correspondirt, so können die ankommenden Wagen entweder über sie weiterfahren, oder, wenn eine in den Seitenarm gehen soll, darauf still gestellt werden, worauf die Scheibe so weit gedrehet wird, daß die Schienen derselben mit denen des Seitenarms eine Linie bilden, und der Wagen auf letzterer weiter fährt. Soll derselbe, oder eine Maschine, denselben Weg zurückgehen, den sie gekommen, so wird die Scheibe halb umgedreht, wonach die Schienen wieder dieselbe Richtung annehmen, sich aber mit den entgegengesetzten Enden berühren. Die Construction dieser Scheiben ist gewöhnlich folgende: im Treffpunkt der Mittellinie beider sich kreuzenden Schienenbahnen, ist in einem gehörig verbundenen Quaderstein mit einer Pfanne, ein aufrechtstehender Zapfen angebracht. Um denselben ist ein, mit dem Umfang der Scheibe harmonirender, in der Oberfläche glatt gearbeiteter, platter Ring concentrisch eingelassen. Der Zapfen dreht sich mit der Scheibe und ist von einem Ringe umgeben, der sich um ihn bewegt und von welchem 8 Speichen auslaufen, an deren Enden die weiter unten erwähnten Frictionsrollen beweglich sind. Auf der Scheibe sind in 2 Reihen 6 Schienenstühle, ähnlich denen auf dem Wege angegossen, in welchen zwei Schienenstücke mit Keilen so befestigt sind, daß die Spurweite genau mit der Bahn übereinkommt. Die genaue Höhenlage dieser Schienen wird durch die Länge des Zapfens bedingt; dieselben werden auch an den Enden nach der Rundung der Scheibe abgearbeitet, während dasselbe mit den Enden der unbeweglichen Schienen geschieht, wodurch ein genauer Schluß bewirkt wird. Oder es sind die Scheiben mit Furchen versehen, welche den Spurkranz der Räder aufnehmen, und die Felgen laufen auf der äußern Seite der Furchen, welche zu diesem Ende mit Stäben gewalztzen Eisens, welche gleichsam die Fortsetzung der Schienen bilden, belegt sind. Diese letztere Einrichtung ist die neuere und bessere.

Um den festen Stand der Scheibe zu sichern und sie doch bequem drehen zu können, sind unter dem Umfang

derselben 8 Frictionsrollen angebracht, die sich auf der Oberfläche des eingelassenen platten Rings drehen, und in gußeisernen Laschen befestigt sind, welche sich auf der Unterseite der Scheibe befinden. Zur Feststellung der Scheibe bei der Correspondenz mit der einen oder der andern Bahn, ist ein Klinkhaken angebracht, der vor der Drehung leicht aufgehoben werden kann und von selbst einfällt, wenn die Scheibe denjenigen Stand erreicht, wobei die Schienen auf derselben mit denen der einen oder andern Bahn einerlei Richtung haben. Damit kein Schmutz auf die Frictionsrollen gelangen, man auch bequem über die Scheiben gehen kann, ist das in Fig. 8 und 9 gezeichnete Gerippe mit starkem Eisenblech oder mit gerifften gußeisernen Platten gedeckt, zu dessen Aufnahme die Arme und der Kranz mit den gehörigen Vertiefungen und Nietlöchern versehen sind. Uebrigens verweise ich auf die genauen Darstellungen einer Drehscheibe in den Werken von Rößler, Simms und Brees, die, wie in der obigen Anmerkung gesagt wurde, nur bei einem recht großen Maaßstabe möglich ist.

Die Eisenbahnen durchschneiden sehr häufig Wege und Chausseen und man kann unter diesen Umständen:

1) die Bahn mittelst einer Brücke über die Chaussee, oder mittelst einer Tagestrecke (Tunnel) unter dieselbe;

2) die Chaussee mittelst einer Brücke über die Eisenbahn, oder mittelst einer Tagestrecke unterhalb die Bahn verlegen; oder

3) in gleicher Höhe Chaussee und Eisenbahn sich durchschneiden lassen,

je nachdem die eine oder die andere Verfahrungsweise den Umständen gemäß am zweckmäßigsten erscheint.

Die beiden erstern Fälle bedürfen hier keiner weitern Erläuterung; allein es ist durchaus nothwendig, daß Eisenbahnen, auf denen mit großer Geschwindigkeit gefahren wird, immer über oder unter den gewöhnlichen Straßen durchgehen, damit die Fuhrwerke auf beiden sich in dem Kreuzungspunkte ohne Gefahr begegnen können. Den dritten Fall müssen wir näher, mit Hülfe von Fig. 10 bis 13, Tafel XLVI, betrachten. Figur 10 ist ein Grundriß, Fig. 11 ein Querdurchschnitt nach a b, Fig. 10; Fig. 12 ein Querdurchschnitt nach a′b′, und Fig. 13 ein Querdurchschnitt nach a″b″. Die Schienen werden auf gewöhnliche Art auf Tragsteinen, welche in die Straße versenkt sind, in den Stühlen befestigt, auf der innern Seite der Schiene aber ein Falz oder eine Oeffnung von 2 Zoll Tiefe und 1 ½ Zoll Breite für die Spurkränze gelassen. Damit

diese Oeffnung sich jedoch gehörig erhalte, wird auf der andern Seite derselben, in paralleler Richtung zur Schiene, ein hinlänglich starkes, mit Eisen beschlagenes Stück Holz oder auch eine zweite Schiene eingelegt. Besser ist es aber, die in unsern Fig. 10 bis 13 dargestellte Vorrichtung anzuwenden, bei welcher jede Schiene zwischen zwei gußeiserne Tafeln gelegt worden ist. Diese liegen horizontal, sind, wie man aus den Figuren sieht, durch Bolzen mit einander verbunden und lassen zwischen sich und den Schienen etwa 1 ½ Zoll Zwischenraum. Diese Tafeln, deren obere Fläche mit den Schienen gleich hoch liegen muß, dienen dazu, die Steine der Chaussee abzuhalten und die Schienen gegen den Stoß der Räder zu schützen, die auf der Chaussee darüber hingehen. Auf diese Weise können nunmehr alle Wagen ohne Anstand über die Straße fahren, so wie auch die Bahnwagen in ihrer Spur fortlaufen und nur eine Reinigung der Oeffnungen von Zeit zu Zeit erfordert wird.

Zur Vermeidung dieser Mühe ist bei den größern Eisenbahnen folgende Construction eingeführt worden. Es wird der Länge nach unter jeder Schiene ein gewölbter oder, wie in den Figuren, mit Steinen bedeckter Kanal in solcher Weite angelegt, daß ein Knabe durchkriechen und ihn reinigen kann. Der Kanal ist immer auf 18 Zoll Länge oben geschlossen, wie Fig. 12, dann aber wieder auf 18 Zoll Länge oben offen, wie Fig. 11. Die gußeisernen, hinlänglich starken Tafeln sind an Quadersteine befestigt und halten durch kleine Quereisen die Bahnschienen in der gehörigen Entfernung von einander.

Der Straßenkoth kann, wo das Gewölbe offen ist, sogleich in den unterirdischen Kanal fallen, an den Stellen aber, welche geschlossen sind, befindet sich auf der Mitte des Gewölbes ein Lager, welches die Bahnschienen aufnimmt. Der Falz für den Spurkranz ist hier auch vorhanden, und da der letztere die Unreinigkeiten auf 18 Zoll Weite leicht fortschieben und bis zur nächsten Oeffnung des Gewölbes bringen kann, so wird man einsehen, daß durch diese Einrichtung das Reinigen der Falze fast ganz beseitigt wird.

Bei einigen Eisenbahnen findet man auch, wenn die dieselbe kreuzende Straße gepflastert ist, gar nichts zum Schutze der Schienen, welche Einrichtung jedoch sehr viele Nachtheile hat.

In England ist es gesetzliche Vorschrift, daß der Unterschied der Höhe einer Eisenbahn und einer sie kreuzenden Heerstraße, über oder unter derselben, nicht mehr als 1 Zoll beträgt.

Fünftes Capitel.

Von den auf den Eisenbahnen angewendeten Bewegungsmitteln.

Die gewöhnlich auf Eisenbahnen in Anwendung kommenden bewegenden Kräfte sind:

1) thierische, hauptsächlich Pferdekräfte;
2) Dampfwagen, oder bewegliche, oder ortsverändernde Dampfmaschinen;
3) die Schwerkraft, und
4) feststehende Dampfmaschinen.

Wir handeln hier zunächst von dem Transport mittelst thierischer Kräfte. Menschenkräfte werden auf Eisenbahnen im Allgemeinen wenig angewendet, nur auf denen in und bei Bergwerken, oder auf temporären Bahnen, bei der Anlage bleibender Bahnen, oder bei andern großen Bauwerken. Die Bergwerksförderung kann jedoch nicht Gegenstand unserer Betrachtungen sein, weshalb wir hier nur von dem Transport mit Pferden und dann von dem mit Dampfwagen reden, indem der Transport durch die eigene Schwerkraft der Eisenbahnwagen und durch feststehende Dampfmaschinen einem eigenen Capitel aufbewahrt bleibt.

Es wird jedoch nöthig sein, daß wir zuvörderst einige allgemeine Betrachtungen anstellen, ehe wir zu den Bewegungsmitteln auf Eisenbahnen, der Pferde- und Dampfkraft übergehen.*

Die Kraft, welche zur Fortschaffung eines Fuhrwerks auf einer Straße, mit einer bestimmten Geschwindigkeit, nothwendig ist, richtet sich offenbar nach dem Widerstande, welchem das Fuhrwerk auf der Straße begegnet, und steht mit ihm in geradem Verhältniß; denn wenn z. B. der Widerstand doppelt und dreifach so groß ist, muß auch die Kraft zwei- und dreimal so groß sein; ist der Widerstand halb so groß, so ist nur die Hälfte der Kraft nöthig rc.

Der Widerstand nun, welchen das Fuhrwerk auf der Straße findet, ist zweierlei Art, und die erste Art zerfällt wieder in zwei Theile. Er entsteht nämlich:

Erstlich aus der Reibung

a. der Axen in den Büchsen der Räder,
b. der Radfelgen auf der Straße,

welcher letztere Theil des Widerstandes aber nur fast uneigentlich Reibung genannt wird, indem die Räder in der Regel auf der Bahn nicht gleiten und sich also auf derselben nicht eigentlich reiben, sondern vielmehr rollend über die Unebenheiten der Bahn hinweg zu heben sind, wobei zugleich auf der Chaussee vielleicht Steine und Kiesel zerdrückt werden.

Zweitens daraus, daß die Last des Fuhrwerks selbst, so wie auch diejenige der ziehenden Thiere oder Maschinen, dann, wenn die Bahn nicht vollkommen horizontal liegt, beim Bergauffahren, wie auf eine schiefe Ebene, allmählig hinauf gehoben werden muß.

* Wir folgen dabei Hrn. Crelle in seiner oben näher angeführten Schrift: „Einiges allgemein Verständliche über Eisenbahnen rc.“ S. 9 rc.

Nur der erste Theil des Widerstandes, der aus der Reibung der Radaxen in den Büchsen und der Radfelgen auf der Straßenbahn entsteht, ist, nach Verschiedenheit der Bauart der Straßen und der Fuhrwerke, verschieden. Der zweite Theil ist durchaus immer, und ohne alle Ausnahme, für jede Art der Straße und für jede Art des Fuhrwerks ganz vollkommen derselbe. Er läßt sich weder vermindern, noch auch vermehren, die Lasten mögen auf Schlitten, oder auf schlecht oder gut gebauten Wagen, auf bodenlosen, sandigen oder sumpfigen Straßen, oder auf einer Chaussee, oder auf einer Eisenbahn transportirt werden; denn er rührt unmittelbar von der Wirkung der Schwere der Körper selbst her, jener unabänderlichen und unwandelbaren Naturkraft, die allen Körpern unveräußerlich und unveränderlich inwohnt.

Also nur allein an dem ersten Theil des Widerstandes, und folglich nur an demjenigen Theile der Transportkraft, der zur Ueberwindung dieses Theils nothwendig ist, und mithin auch nur an den Kosten dieses Theils, kann durch Vervollkommnung der Straßen und der Fuhrwerke gespart werden.

Daraus folgt denn schon hier im Allgemeinen, und selbst ohne erst näher auf Zahlen einzugehen, offenbar, daß man ja nicht etwa, wie folgt, rechnen dürfte: die Transportkosten auf einer vorhandenen Chaussee betragen nach der Erfahrung so und so viel; auf einer horizontalen Eisenbahn wird der so und so vielte Theil derjenigen Transportkraft, die auf einer horizontalen Straße nöthig sein würde, erspart; die Kosten dieser Krafterſparung, als der eben so vielte Theil der Kosten der Transportkraft auf der Chaussee angeschlagen, gewähren gute Zinsen der Kosten einer Eisenbahn: also ist es vortheilhaft, eine Eisenbahn statt der vorhandenen Chaussee zu bauen. Eine solche Rechnung kann, wenn das Terrain einigermaßen bedeutend uneben ist, so ungemein unrichtig sein, daß sich am Ende statt 5, 6 und mehrere Procent Zinsen, die man erwartete, vielleicht nur die Hälfte und noch weniger ergiebt; denn es wird ja durch die Eisenbahn keineswegs auch auf der nicht horizontalen Straße der eben so vielte Theil der gesammten Transportkosten erspart, als auf horizontaler Straße, sondern nur der eben so vielte Theil von einem Theile der Transportkosten, nämlich von demjenigen Theile, der auf die zur Ueberwindung der Reibung der Axen in den Büchsen und der Radfelgen auf der Bahn nöthige Zugkraft kommt, keineswegs auch nur das Geringste von den Kosten der Kraft, die nöthig ist, die Lasten auf der schrägen Bahn in die Höhe zu heben; dieser letzte Theil der Kraft aber, welcher völlig unverändert der nämliche bleibt, kann so bedeutend sein, daß die wirkliche Ersparung an Transportkosten am Ende nur sehr gering ist. Und auf Ersparung an Transportkosten beruht einzig und allein die Möglichkeit der Ausführung von Eisenbahnen durch Privat-Unternehmer.

Besser schon, und sogar scheinbar ganz richtig würde es sein, wenn man, wie folgt, rechnete. Durch eine Eisenbahn wird gegen eine Chaussee von demjenigen Theile der

Transportkraft, der zur Ueberwindung der Reibung der Wagenaxen in den Büchsen und der Radfelgen auf der Straße, also mit Ausschluß der zum Heben der Lasten über die Anhöhen erforderlichen Kraft, nothwendig ist, der so und so vielte Theil erspart; folglich der so und so vielte Theil des jenem Theile der Transportkraft entsprechenden Theils der Transportkosten. Diese Ersparung gewährt noch gute Zinsen der Anlagekosten der Eisenbahn: folglich ist es eine vortheilhafte Unternehmung, eine Eisenbahn auf der vorhandenen Chaussee zu bauen, oder dicht daneben. Aber auch diese Rechnung kann noch unrichtig sein, und selbst in solchem Maaße, daß wiederum statt 5 oder 6 Procent Zinsen am Ende nur die Hälfte herauskommt.

Um aber näher ans Licht zu stellen, wie und in welchem Maaße möglicherweise das Resultat der ersten von den obigen beiden Berechnungen von der Wahrheit abweichen kann, müssen wir zuvörderst auf einige Zahlen eingehen.

1) Ein Pferd von mittlerer Stärke kann auf einer guten, horizontalen Chaussee, mit der Geschwindigkeit von 1000 Ruthen in der Stunde, oder $3\frac{1}{2}$ Fuß in der Secunde, täglich $4\frac{1}{2}$ Meilen weit und bei einem Ruhetage nach je fünf Tagen, ein gut gebauetes Fuhrwerk, mit eisernen Axen, hohen Rädern u. s. w. fortziehen, welches mit seiner Ladung 24 Centner wiegt.

2) Das nämliche Pferd kann, mit der nämlichen Geschwindigkeit, täglich eben so weit, und ebenfalls den je fünften Tag ruhend, auf einer guten, horizontalen Eisenbahn, wiederum für die möglichste Verminderung der Reibung gebauete Fuhrwerke fortziehen, welche mit ihrer Ladung zusammen 240 Centner wiegen.

3) In beiden Fällen kommt auf das Gewicht der Fuhrwerke selbst etwa der dritte Theil der gesammten Last, so daß die fortgeschaffte Fracht zwei Dritttheile derselben beträgt.

4) Die Kraft, welche das Pferd bei seiner oben beschriebenen Wirkung in horizontaler Richtung anwendet, ist zu einem Centner oder 110 Pfund anzunehmen; das Gewicht des Körpers des Thieres zu 5 Centner.

5) Derjenige Theil des horizontalen Widerstandes also, den die Fuhrwerke, auf der Straße, in der Reibung der Radaxen auf den Büchsen und der Radfelgen auf der Bahn finden, beträgt auf der Chaussee den 24sten und auf der Eisenbahn den 240sten Theil des Gewichts der Fuhrwerke; denn auf einer horizontalen Straße giebt es keinen andern Widerstand, als jenen, und folglich wird hier die gesammte Zugkraft des Pferdes von 1 Centner zur Ueberwindung der auf der Chaussee von 24 Centner, und auf der Eisenbahn von 240 Centner Last herrührenden Reibung verwendet.

6) Die Kraft, welche unabhängig von der Reibung der Axen der Fuhrwerke und der Radfelgen auf der Bahn, also außer derselben nöthig ist, eine Last eine schräge Bahn bergauf zu ziehen, ist, einem Naturgesetze zufolge, dem nämlichen Theil der Last gleich, welchen die auf der Bahn erstiegene Höhe von ihrer Länge ausmacht. Also wenn z. B. die Straße 1 auf 24, d. h. z. B. 1 Fuß auf 24 Fuß Länge, oder 1 Ruthe auf 24 Ruthen Länge u. s. w. hinauf steigt, so beträgt die Kraft, welche, außer derjenigen zur Ueberwindung der Reibung, zum Heranziehen der Last nöthig ist, den 24sten Theil derselben. Steigt die Straße 1 auf 50, so beträgt sie den 50sten Theil der Last rc.

Hieraus würde sich nun, wenn man, zunächst nach den einfachsten, scheinbar richtigen Ansichten, einen Ueberschlag machen wollte, Folgendes ergeben:

Um 240 Centner auf einer horizontalen Chaussee fortzuziehen, sind nöthig . . . . . . 10 Pferde-Kraft

auf einer horizontalen Eisenbahn hingegen nur . . . . 1 " "

Also werden durch die Eisenbahn gegen die Chaussee erspart . . . . . 9 " "

oder $^9/_{10}$, d. h. der Zugkraft . . . . 90 Procent.

Steigt dagegen die Chaussee sowohl, als die Eisenbahn, z. B. 1 : 240, so ist beim Berganffahren auf der einen sowohl, wie auf der andern, noch außerdem zum Emporheben der Last der 240ste Theil derselben, mithin noch 1 Pferdekraft nöthig. Also sind, um die 240 Centner bergauf zu schaffen, überhaupt nöthig

auf der Chaussee . . . . 11 Pferde-Kraft

auf der Eisenbahn . . . . 2 " "

Mithin werden durch die Eisenbahn gegen die Chaussee erspart, wieder . . . 9 " "

oder $^9/_{11}$, d. h. der Zugkraft . . . . $81^9/_{11}$ Procent.

Steigen die beiden Straßen 1 auf 120, so ist zum Emporheben der Last der 120ste Theil derselben nöthig; also noch 2 Pferde Kraft, mithin überhaupt auf

der Chaussee . . . . 12 Pferde-Kraft

auf der Eisenbahn . . . . 3 " "

und es werden durch Eisenbahn gegen die Chaussee erspart, wieder . . . . . 9 " "

oder $^9/_{12}$, d. h. der Zugkraft, u. s. w. 75 Prozent.

Ueberhaupt sieht man, daß nach dieser Art zu rechnen immer 9 Pferde-Kraft für 240 Centner Last erspart werden würden, welches auch das Gefälle der beiden Straßen sein mag. In der That würde die Ersparung in allen Fällen diejenige Kraft sein, welche zur Ueberwindung der Reibung auf der Eisenbahn weniger nöthig ist, als auf der Chaussee; denn der andere Theil der Zugkraft, welchen das Emporheben der Last erfordert, bleibt, wie schon bemerkt, auf beiden Straßen, so wie auch auf jeder beliebigen andern immer und völlig unverändert derselbe. Da nun aber die gesammte Zugkraft mit dem Gefälle immer fort zunimmt, so ist die Ersparung von 9 Pferde-Kraft, so wie die Straße steiler wird, auch immer fort ein geringerer Theil der gesammten Zugkraft. Steigen die beiden Straßen z. B. 1 auf 24, so wären auf der Chaussee zusammen 20 Pferdekraft nöthig und die Ersparung von 9 Pferden Kraft betrüge nur noch $^9/_{20}$ oder 45 Procent der gesammten Zugkraft, statt der 90 Procent auf der horizontalen Bahn; also nur noch halb so viel.

Es darf indessen, ehe wir weiter gehen, nicht unbemerkt bleiben, daß die vorhergehende Rechnungsart, obgleich in der That die daraus sich ergebenden Verhältnisse der Ersparung der Zugkraft auf der Eisenbahn gegen die auf der Chaussee wirklich genau dieselben sind, welche eine richtigere Rechnung ergiebt, dennoch in Rücksicht des Betrages der Zugkraft selbst, auf der einen oder der andern

Art von Straßen bedeutende Modificationen erleiden. Diese Modificationen ziehen freilich keine Aenderungen der Resultate nach sich, worauf es hier ankommt; allein sie dürfen nicht unerwähnt bleiben, um nicht eine Rechnungsmethode überhaupt für richtig anzugeben, welche es nicht ist.

Diese Modificationen sind folgende:

Erstlich nämlich ist es, strenge angenommen, nicht richtig, für den Widerstand, den die Fuhrwerke auf der Straße durch die Reibung der Radaxen in den Büchsen und der Radfelgen auf der Bahn finden, auch dann, wenn die Straße nicht horizontal ist, den nämlichen Theil der Last anzunehmen, wie wenn die Straße wagerecht liegt. Denn die Richtung des Druckes ist immer senkrecht, also dann, wenn die Straße nicht horizontal ist, auf derselben nicht senkrecht, wie in dem Fall einer horizontalen Straße. Der Druck der Last auf eine schräge Bahn ist schräg, und der von der Last herrührende senkrechte Druck auf die Bahn ist geringer als die Last. Und da sich nun die Reibung einer Last auf einer Fläche nur nach dem perpendiculären Druck richtet, so ist auch die Reibung etwas geringer, als sie oben angesetzt wurde. Freilich ist der Unterschied nur sehr gering; er beträgt, selbst bei dem stärksten Gefälle einer Straße von 1 auf 18, noch nicht den 600ten Theil des Ganzen. Gleichwohl ist er vorhanden.

Zweitens muß, nächst der Last, welche die Pferde auf einer schrägen Straße in die Höhe ziehen, auch das eigene Gewicht der Thiere selbst von ihnen in die Höhe gebracht werden, so daß also das Gewicht der Zugthiere selbst zu dem Gewicht der Wagen, vor welche sie gespannt sind, noch hinzukommt. Der Unterschied, welcher hieraus in den einzelnen Resultaten entsteht, ist bedeutend, weil das Gewicht der Pferde gegen die Last, welche sie ziehen, nicht unbeträchtlich ist.

Drittens ist die Anstrengung, welche Zugthiere bergauf machen müssen, um eine größere Zugkraft hervorzubringen, stärker, als die Zugkraft selbst. Dieser Umstand liegt in dem Bau des Körpers der Thiere. Ein Pferd bringt dadurch seine Zugkraft hervor, daß es sich nach vorn überlehnt, damit sein Schwerpunkt vor seine Unterstützung falle. In der zu diesem Ueberlehnen und dem Fortbewegen seines Körpers nöthigen Anwendung der Muskelkraft, besteht die Anstrengung, die es machen muß, um zu ziehen. Auf schräger Bahn muß es sich aber, etwa um den Winkel, den die Bahn mit dem Horizont macht, stärker überlegen, als auf horizontaler Straße für die nämliche Zugkraft. Also ist seine Anstrengung auf schräger Bahn, zur Hervorbringung der nämlichen Zugkraft stärker, als auf wagerechter Straße. Dieser Unterschied der Anstrengung der Zugthiere ist ebenfalls nicht unbedeutend. Die beiden letzten Umstände müssen daher auch nothwendig um so mehr in Rechnung kommen.

Eine Auseinandersetzung der Art, wie diese Modificationen mittelst des Calculs in Rechnung zu bringen sind, würde hier zu weit führen, hier auch nicht recht am Platze sein; wir kommen weiter unten darauf zurück. Sie kann aber auch hier um so eher unberücksichtigt gelassen werden, da, wie bemerkt, die Resultate, auf welche es hier ankommt, von denen der obigen einfachen, allgemein verständlichen Rechnung nicht abweichen. Die Resultate sind folgende:

Neigung der Straße gegen den Horizont.	Gesammte nothwendige Anstrengung der Zugthiere, um 240 Ctnr. bergauf zu ziehen.		Also auf der Eisenbahn weniger	Es werden daher an der Zugkraft gegen die auf der Chaussee erspart
	Auf einer Chaussee	Auf einer Eisenbahn		
	Pfd.	Pfd.	Pfd.	Procent.
0 oder horizont.	1100	110	900	90
1 auf 240	1263	230	1033	81 9/11
1 „ 120	1440	360	1080	75
1 „ 72	1703	553	1150	67 1/2
1 „ 48	2084	834	1250	60
1 „ 36	2538	1168	1370	54
1 „ 24	3771	2074	1697	45
1 „ 18	5775	3547	2228	38 1/2

Die Tafel zeigt, daß der Betrag der Zugkraft selbst auf der Chaussee, wie auf der Eisenbahn, so wie ihr Unterschied, von demjenigen, welchen die obige kürzere Rechnung gab, überall und sogar bedeutend abweicht, indem z. B. die Ersparung an Zugkraft keineswegs überall 9 Centner beträgt, sondern sogar bis über 20 Centner steigt. An den obigen Beispielen der horizontalen Straße und der von 1 auf 240, 120 und 24 steigenden aber sieht man, daß das Verhältniß der Zugkraft auf der Eisenbahn zu derjenigen auf der Chaussee in der obigen Tafel, mit den oben gefundenen genau übereinstimmt; die Ersparung ist hier, wie dort, in den erwähnten Fällen resp. 90, 81 9/11, 75 und 45 Procent.

Es läßt sich aus diesen Betrachtungen das sehr wichtige Resultat ziehen, daß es nothwendig ist, die Eisenbahnen möglichst horizontal anzulegen, es mag nun auf denselben mit Pferde- oder mit Dampfkraft gefördert werden. Wir werden auf die Nachtheile eines stärkern Gefälles einer Eisenbahn als 1/240 in dem folgenden Capitel zurückkommen.

Wir reden nun zuvörderst noch von der Pferdekraft beim Eisenbahntransport.*

Obgleich man des Pferdes seit Jahrhunderten zum Ziehen von Wagen sich bedient, so fehlt es doch noch an zureichender Ermittelung seiner Zugkraft bei verschiedenen Geschwindigkeiten. Die große Verschiedenheit der Pferde macht allerdings diese Ermittelung sehr schwierig, und zum Theil auch vergeblich.

Die Frage ist auch nicht bloß Gegenstand der Mechanik. Wenn man die Kosten der größten Wirkung sucht, so kommt bei der Ermittelung auch die Schätzung der Lebensdauer der Pferde in Betracht, als ein zu erneuerndes Anlagekapital; und nur diejenigen vermögen hier eine richtige Schätzung zu machen, die Gelegenheit haben, anhaltend und längere Zeit die Wirkung der Anstrengung auf die Complexion der Pferde in der Nähe zu beobachten. Bis jetzt sind noch keine Beobachtungen darüber bekannt geworden und wir wissen von diesem Gegenstande noch we-

* Nach Minard's Vorlesungen über Eisenbahnen, S. 149 x.

nig. Zuverlässige Kenntnisse davon sind um so schwieriger zu erlangen, weil man mehrere Jahre hindurch die, auch zu einer und derselben Arbeit bestimmten, Pferde beobachten müßte.

Folgendes sind die Resultate einiger Beobachtungen:

Geschwindigkeit der Bewegung. In der Stunde.	Geschwindigkeit der Bewegung. In der Secunde.		Täglicher Dienst.		Last, welche fortgezogen wird.		Zugkraft.	Verhältniß der Reibung zur Last.	Last, so auf 1 Meile fortgeschafft wird. Im Ganzen	Last, so auf 1 Meile fortgeschafft wird. Nutzlast	Anmerkungen.
Ruthen.	Fuß.	Zoll.	St.	M.	Ctr.	Pfd.	Pfd.		Ctr.	Ctr.	
800	2	10	10	—	233	—	109	1 : 240	1048	754	Nach Hrn. Wood auf Eisenbahnen.
2390	7	$11\frac{1}{2}$	3	—	16	—	$70\frac{1}{2}$	1 : 25	$57\frac{2}{3}$	$31\frac{1}{2}$	Französische Diligencen.
4248	14	2	1	30	9	77	$42\frac{2}{3}$	1 : 25	$31\frac{1}{2}$	$13\frac{1}{3}$	Englische Diligencen.
3452	11	6	1	18	130	—	79	1 : 180	$298\frac{1}{3}$	157	Diligencen auf der Eisenbahn von Lyon, in der Ebene. Wenig Unterschied auf Abhängen von 1 auf 167 und 71.

Das erste Resultat, für den Schrittgang der Pferde, ist von Herrn Wood angegeben. Die Wirkung ist nach der Reibung berechnet, welche die Wagen von bestimmtem Gewicht auf bestimmten Abhängen erfahren.

Das dritte Resultat, für den kleinen Galopp der Pferde, ist aus verschiedenen englischen Schriften genommen, besonders aus den Mittheilungen des Hrn. Macneill über seine Beobachtungen bei Diligencen, welche ergeben, daß die Kraft eines Pferdes, vor die stage-coaches gespannt, im Galopp, in der Ebene, bei 4248 Ruthen Geschwindigkeit in der Stunde, ungefähr $42\frac{2}{3}$ Pfd. ist.

Nach diesen nämlichen Beobachtungen ist aber die Kraft nicht stärker als $36\frac{1}{2}$ Pfd., wenn die Geschwindigkeit auf 2655 Ruthen in der Stunde vermindert wird, während alles Uebrige ganz das nämliche bleibt; woraus man schließen könnte, daß der Widerstand, der für 4248 Ruthen Geschwindigkeit der 25ste Theil dieser Last war, bei 2655 Ruthen bis auf den 30sten Theil abnimmt. Diese Verminderung liegt augenscheinlich in der des Widerstandes der Luft, und zugleich in einer Abnahme des durch den Stoß der Räder entstehenden Verlustes an lebendiger Kraft. Man muß also darauf Rücksicht nehmen, wenn man die Widerstände für verschiedene Geschwindigkeiten berechnen will. In Ermangelung von Beobachtungen würden wir das Verhältniß von 1 zu 30 für französische Diligencen angenommen haben, welche mit 2390 Ruthen Geschwindigkeit in der Stunde sich fortbewegen, wenn wir nicht das Verhältniß 1 zu 25 für französische Chausseen angemessener erachtet hätten, indem sie weniger eben sind, als die englischen. Dieserhalb, und wegen der gewöhnlichen Länge der Relais, haben wir für die Geschwindigkeit und Ladung der Pferde das obige Resultat gesetzt, welches gut genug mit den wenigen Beobachtungen übereinstimmt, die darüber angestellt worden sind.

Das vierte Resultat ist von den Diligencen auf der

Lyoner Eisenbahn genommen. Es bedarf aber, da dieselbe erst 18 Monate im Gange ist, noch der Bestätigung einer längern Erfahrung.

Das erste Resultat giebt wahrscheinlich nicht das Maximum der Wirkung an. Die Schienenwege, auf welchen Herr Wood beobachtet hat, werden bergab mit Ladung und bergauf leer befahren. Auf den vierten Theil des Weges war die Reibung geringer, als die Wirkung der Schwere, des Abhanges wegen, und die Pferde zogen gar nicht. Auf ein zweites Viertel des Weges war die nöthige Zugkraft sehr gering. Wenn nun ein Pferd sich bewegt, ohne zu ziehen, so wird es ohne Zweck ermüdet. Deshalb läßt man auf der Darlingtoner Straße die Pferde, sobald der Wagen von selbst hinabrollen kann, auf eine Plateform steigen, die an den hintersten Lastwagen angehängt ist. Dadurch erspart man nicht allein an Kraft, sondern auch an Zeit, weil die Wagen schneller laufen, als das Pferd es würde thun können. Ein Pferd, welches, ehe man diese Anordnung gemacht hatte, in den 6 Wochentagen $236\frac{1}{2}$ Centner Steinkohlen 37173 Ruthen weit fortschaffte, transportirt jetzt diese Last, in der nämlichen Zeit 51244 Ruthen weit. Die Wirkung des Pferdes ist also um mehr als den dritten Theil vergrößert worden, ungeachtet das Pferd die Plateforme mit fortziehen muß. Auf der Straße von St. Etienne nach Rive-de-Gier, wo das Verfahren sehr anwendbar zu sein schien, hat es jedoch nicht vortheilhaft genug geschienen, um angenommen zu werden.

Von den Dampfwagen.

Der Transport mit Dampfwagen bei einer fast unglaublichen Geschwindigkeit ist eine Erfindung der neuesten Zeit; erst seit 1830 hat er eine ausgedehnte und allgemeine Anwendung gefunden; auch ist die Kunst, Dampfwagen zu erbauen, durchaus noch nicht zur Vollkommenheit gediehen und noch weniger die Kunst, die Kraft der Dämpfe

auf das Vortheilhafteste zum Transport von Lasten zu benutzen.

Wir beschreiben hier nun einen Dampfwagen, einen von denen, die auf der Liverpool-Manchester-Eisenbahn im Betriebe sind, construirt nach dem System von Robert Stephenson, welches in neuester Zeit zwar manche Abänderungen und Verbesserungen erlangt hat, aber im Allgemeinen doch das anerkannt beste ist.* — Man unterscheidet im Allgemeinen die größern Maschinen mit 6 und die kleinern mit 4 Rädern; auf deren Vortheile und Nachtheile wir weiter unten zurückkommen. Wir beschreiben hier eine Maschine der letztern Art.

Aufzählung und Beschreibung der einzelnen Theile des Wagens. Fig. 2, der Doppeltafel XLVII und XLVIII, stellt einen Dampfwagen von der im Allgemeinen als der besten anerkannten Einrichtung vor. Der Mechanismus des Wagens ist so einfach, daß eine kurze Beschreibung hinreichen wird, seine Bewegung zu erklären. Was etwa noch bei dieser Beschreibung undeutlich bleibt, wird aus den Einzelnheiten, die weiterhin zur Sprache kommen, deutlicher werden.

Die Hauptheile der Maschine sind: der Ofen und der Kessel, zur Erzeugung des Dampfes; — das Schiebventil und die Cylinder, zum Wirksammachen der Dampfkraft; — die Kurbeln und Räder, welche die Bewegung von den Kolben auf die Maschine selbst übertragen. — Nachdem wir diese Haupttheile beschrieben haben werden, können wir zu den Nebentheilen übergehen und jedem derselben seine Stelle anweisen.

Vom Kessel giebt Fig. 4 derselben Tafel einen vollständigen Begriff. Man sieht, daß der Körper der Maschine aus drei verschiedenen Theilen besteht. Der vordere Theil, rechts in der Figur, welcher die Esse C trägt, ist von den beiden andern durch die Wand tt abgesondert. Die beiden andern Theile bilden zusammen den Kessel. Beide sind zu einer gewissen Höhe, nämlich bis zu cd, mit Wasser angefüllt; jedoch nimmt auch das Feuer einen Theil ihres innern Raumes ein, wie man sogleich sehen wird.

Der hinterste der drei Theile enthält nämlich einen parallelepipedischen Raum, e, welcher von dem Brennstoff angefüllt wird, und der also der Ofen der Maschine ist. Der Raum zwischen den Seitenwänden des Ofens und den äußern Wänden steht in offener Verbindung mit dem übrigen Raume des Kessels, und ist also ebenfalls voll Wasser. Der Ofen wird in dem Theile des Wagens, in welchem er sich befindet, durch starke Bolzen unterstützt und damit verbunden. Diese Bolzen geben diesem Theile des Kessels, welcher, weil er nicht rund ist, weniger Widerstand leistet, als der cylindrische Theil, die nöthige Festigkeit.

Die Heitzkammer, der Ofen oder Feuerkasten (Fire-box, engl.) e wird also, da er sich mitten in dem einen Theile des Kessels befindet, von allen Seiten von Wasser umgeben, nur an der Einheitzthüre l und am Boden nn nicht. Der Boden hat einen Rost, von welchem nn einen Stab vorstellt. Fig. 5 zeigt den Rost im Querdurchschnitt.

* Wir folgen bei dieser Beschreibung dem vorn erwähnten trefflichen Werke des Herrn de Pambour.

Vor der Einheizthüre l liegt ein starkes Brett BB, Fig. 2, auf welches sich der Führer der Maschine stellt. Dem Dampfwagen folgt unmittelbar der Munitionswagen (tender), welcher jenem Kohlen und Wasser nachführt (s. Fig. 1, Taf. XLIX). Ein Feuerschürer (fireman) wirft von demselben die Kohlen durch die Thüre l in den Ofen, und läßt Wasser in den Kessel zu, so oft es nöthig ist. Das Wasser wird vermittelst einer Druckpumpe, welche die Maschine selbst in Bewegung setzt, und von welcher wir unten weiter sprechen werden, in den Kessel geschafft.

Durch die Zwischenräume der Stäbe des Rostes ee, die stets offen bleiben, tritt die zum Verbrennen nöthige Luft in den Ofen. Die in denselben geworfenen Koaks fallen auf den Rost und werden von demselben getragen. Nachdem das Feuer angeschürt und die Heitzthüre verschlossen worden ist, befindet sich die Flamme gänzlich in den Ofen eingesperrt. Sie nimmt dann ihren Ausweg durch eine Menge kleiner Röhren e′, e′, welche man noch deutlicher in Fig. 5 sieht. Diese Röhren führen sie, den ganzen zweiten Theil des Kessels entlang, in die Esse.

Man sieht hieraus, daß, da das Feuer ganz von dem Ofen eingeschlossen und überall vom Wasser umgeben ist, gar keine Heitzkraft desselben verloren geht. Sodann vertheilt sich die Flamme, auf ihrem Wege nach der Esse, auf die vielen obengedachten kleinen Röhren. Sie durchkreuzt also das Wasser im Kessel; und da die Röhren zusammen eine große äußere Berührungsfläche gegen das Wasser haben, so gelangt die Flamme nur erst, nachdem sie so viel Hitze, als nur möglich, an das Wasser abgesetzt hat, in die Esse. Nachdem die Flamme an das Ende der Röhren e′, e′ gelangt ist, befindet sie sich in dem dritten Theile des Kessels, und entweicht nun frei durch die Esse C.

Die Hitze wird also hier auf zwei verschiedene Arten benutzt. Das Wasser nämlich, welches den Ofen umgiebt, ist in unmittelbarer Berührung mit der Hitze des Feuers und also der Wirkung der strahlenden Wärme ausgesetzt. Dagegen empfängt das im mittleren Theile des Kessels befindliche Wasser die Wärme nur durch die Berührung der Flamme und der aus dem Ofen entweichenden heißen Luft. Es ist also dort der Wirkung der Wärme durch Mittheilung unterworfen.

Von der Wirkung der Cylinder. Den zweiten wesentlichen Theil der Maschine machen die Cylinder mit dem Schiebventil oder Schieber (slide) aus. Auch von diesem Theile die Anordnung zu zeigen, ist Fig. 4 bestimmt.

Im Innern des oben von den Dämpfen eingenommenen Theils des Kessels befindet sich eine weite Röhre VV′. Sie ist an ihrem einen Ende offen, und leitet die Dämpfe nach den Cylindern. Bei V′, im Innern der Röhre, ist ein Hahn oder Regulator, außerhalb des Kessels durch die Kurbel T drehbar. So wie man den Hahn mehr oder weniger umdreht, wird den Dämpfen der Ausgang mehr oder weniger geöffnet.

Der Dampf, welcher in dem Kessel in großer Menge erzeugt wird, nimmt, wenn er nicht entweichen kann, eine starke ausdehnende Kraft an. Oeffnet man darauf den Hahn V′, so dringt der Dampf von oben durch die Oeffnung V in die Dampfröhre, und diese führt ihn nach der

Mündung v des Ventilgehäuses. Hier öffnet der Schieber x, welcher durch die Maschine selbst in Bewegung gesetzt wird, dem Dampfe den Eingang in die beiden Cylinder, abwechselnd nach dem einen und dem andern Ende derselben hin. Die beiden Cylinder liegen horizontal auf dem Boden des Essenendes der Maschine, wo das Spiel der Flamme an den Wänden dieses Theils den Dampf heiß erhält, und ihn gegen die Abkühlung durch die äußere kalte Luft schützt.

Die Pfeile zeigen in der Figur die Richtung der Bewegung der Dämpfe an, von ihrem Eintritt bei V, bis zu dem Schiebergehäuse. So wie hier die Lage des Schiebers gezeichnet ist, ist dem Dampfe der Eintritt 1 in den Cylinder offen, und es wird folglich der Kolben in der Richtung des Pfeils fortgetrieben. Im nächsten Augenblick öffnet sich der Eintritt 2, und darauf treibt der Dampf den Kolben nach der entgegengesetzten Seite hin. Nachdem der Dampf seine Wirkung vollbracht hat, tritt er in die Röhre v', und wird durch dieselbe in die Esse und durch diese in die freie Luft geleitet.

Die Eintrittsstelle V des Dampfes in die Dampfröhre ist deshalb angemessen hoch angeordnet, damit nicht das in dem Kessel beim Sieden aufwallende und von der Maschine geschüttelte Wasser durch die Eintrittsöffnung des Dampfes in die Dampfröhre gerathe.

Die Kurbeln und die Räder. — Die auf die beschriebene Weise in Bewegung gesetzten Kolbenstangen, welche durch feste Lager an jeder Abweichung von der geradlinigen Bewegung gehindert werden, theilen nun der Axe der beiden hintern Räder des Wagens eine drehende Bewegung mit. Die Verwandlung der hin- und hergehenden Bewegung der Kolbenstangen in die drehende Bewegung der Axe, geschieht durch eine Kurbel an der Axe. Man sieht diese Anordnung in Fig. 4. So wie der Dampf die Kolbenstange hin und her treibt, dreht er die Kurbel y, z um, und vermittelst dieser die Axe und die Räder, welche an der Axe fest sind. Da es nun aber in dem Umlaufe der Kurbel zwei Punkte giebt, in welchen die auf sie wirkende hin- und herziehende Kraft die Kurbel eben sowohl weiter als zurück drehen könnte, nämlich diejenigen beiden Punkte, die in der durch den Umdrehungspunkt der Kurbel gehenden Richtung der Kolbenstange liegen, so sind die den beiden Kolbenstangen correspondirenden zwei Kurbeln so mit der Axe verbunden, daß sie in einem rechten Winkel gegen einander stehen. Auf solche Weise empfängt nun jedesmal die eine Kurbel dann die volle Wirkung des Dampfes, wenn derselbe auf die andere, ihrer Länge wegen, gar nicht wirkt; und die Kraft der Maschine bleibt stets unverändert. Dies letzte ist nun wohl nur näherungsweise der Fall; denn weder die Kraft des Dampfes ist unveränderlich, noch würde, bekanntlich selbst dann, wenn sie es wäre, ihre Einwirkung auf die beiden Kurbeln, in ihren verschiedenen Lagen, dieselbe sein. Die Veränderlichkeit der Kraft der Maschine wird nur durch das Beharrungsvermögen der in Bewegung gesetzten Masse ausgeglichen, was sonst noch besonders bei Kurbeln durch ein Schwungrad unterstützt zu werden pflegt. Näher würde die Art der Wirkung der Dampfkraft der Unveränderlichkeit kommen, wenn statt zweier, drei Cylinder und drei Kurbeln vorhanden wären, welche mit einander Winkel von

60 Graden einschlössen. Aber die Maschine würde dadurch vielleicht zu schwer und künstlich werden.

Da die beiden Cylinder, wie oben gesagt, unter dem Kessel liegen, so stehen die Kolbenstangen, unter dem Wagen, direct mit den Kurbeln in Verbindung; wie es auch die Figur zeigt. Die in Bewegung gesetzte Kurbelaxe dreht sich nun mit den Rädern, mit welchen sie nur eine Masse ausmacht, zugleich herum, und der Wagen wird auf die Weise fortgetrieben, wie, wenn man die Räder durch Eingreifen in ihre Speichen herumdrehte.

Da der einzige Stützpunkt der Bewegung der Widerstand ist, den die Räder auf den Bahnschienen finden, von welchen sie getragen werden, welcher Widerstand sie nur zwingt, fortzurollen, an derselben Stelle bleibend, gleitend sich zu drehen, so könnte es zweifelhaft scheinen, ob auf einer so glatten Fläche, wie die der Schienen, die zum Umdrehen gezwungenen Räder dennoch nicht gleiten würden, anstatt fortzurollen, besonders dann, wenn der Dampfwagen bedeutende Lasten fortzuziehen hat. Allein die Erfahrung lehrt, daß die Reibung der Räder auf den glatten Schienen, so gering sie auch sein mag, dennoch, weil auch die zum Fortziehen der Lasten auf der Schienenbahn erforderliche Kraft nur gering ist, hinreicht, den Dampfwagen, mit allen Fuhrwerken, die er nach sich zieht, fortrollen zu machen.

In den meisten Fällen ist die Reibung blos zweier Räder auf den Schienen zum Stützpunkt der Zugkraft hinreichend, besonders bei Dampfwagen, deren Gewicht so vertheilt ist, daß zwei Drittheile desselben auf den ziehenden Rädern, nämlich denen mit der Kurbelaxe, ruhen. Ist eine bedeutendere Zugkraft nöthig, so macht man die vier Räder einander gleich. Für dergleichen Fälle kann man, wenn es nöthig ist, die vorderen Räder mit den hinteren durch metallene Stangen außerhalb der Räder, nämlich jedes Vorderrad mit dem correspondirenden hintern Rade, in Verbindung setzen, oder kuppeln. Eine solche Kuppelstange sieht man in Fig. 7. C ist die Verlängerung der Kurbelaxe außerhalb des Wagens. Ein neuer Kurbelarm Co ist an diese Verlängerung der Axe befestigt, und wird also durch die Axe herumgedreht. In o befindet sich ein solcher Kugelzapfen. Bei m leitet ein Heber mit baumwollenem Docht das Oel in den Zapfen. n, n sind Schlüssel oder Keile, um die Verbindungsstange zu verkürzen, oder zu verlängern. An ihrem andern, hier abgebrochenen, Ende ist die Stange auf gleiche Weise mit dem Kurbelbarme des andern Rades verbunden. Wenn also nun die Kurbelaxe C und folglich die Kurbel Co, herumgetrieben wird, so theilt sie ihre Bewegung vermittelst der Verbindungsstange und der Kurbel an der Vorderaxe, auch dieser mit. Die Kraft der Maschine wird so von den beiden hintern Rädern auch auf die beiden vordern übertragen, und es reiben sich nun alle vier auf den Schienen. Wenn die vordern Räder des Dampfwagens nicht an die hintern gekuppelt sind, so muß derjenige Theil des Gewichts des Wagens, der auf den vordern Rädern ruht, durch die Kraft der hintern Räder ebenfalls noch fortgeschafft werden, so daß dieses Gewicht dann noch zu demjenigen des Munitionswagens und der fortzuziehenden Bahnfuhrwerke, welche alle keinen Stützpunkt für die fortzuziehende Kraft gewähren, hinzukommt; die Reibung der hintern Räder auf den Schienen, welche

dem auf ihnen ruhenden Theile des Gewichts des Wagens entspricht, muß also dann allein der zum Fortziehen der gesammten, wie vorhin bemerkt, noch durch den auf den vordern Rädern ruhenden Theil des Gewichtes des Dampfwagens selbst, verstärkten Last gewachsen sein. Sind hingegen die vordern Räder mit den hintern gekuppelt, so entspricht die Reibung der Räder des Dampfwagens auf den Schienen dem ganzen Gewichte des Fuhrwerks, und folglich ist dann der, der Zugkraft zum Stützpunkt dienende Widerstand stärker, als vorhin; diejenige Last hingegen, welche der fortziehenden Kraft keinen Stützpunkt gewährt, ist noch außerdem um das Gewicht des auf den vordern Rädern ruhenden Theils des Dampfwagens geringer. Also wird durch die Kuppelung der Räder die Wirkung des der fortziehenden Kraft zur Stütze dienenden Widerstandes, wenn gleich auch nicht die fortziehende Kraft selbst, auf doppelte Weise verstärkt.

Hat der Dampfwagen sechs statt vier Räder, und könnte man vielleicht noch, durch Stellschrauben, das Gewicht des Wagens nach Belieben auf die Räder vertheilen, so würde sich der von der Reibung auf den Schienen herrührende, der Zugkraft zum Stützpunkt dienende Widerstand beliebig modificiren lassen, von Null an, bis zu der dem gesammten Gewichte des Wagens entsprechenden Reibung; letzteres durch Kuppelung der Räder. Man würde dann, ohne die Dampfmaschine zu hemmen, den Dampfwagen sogar ganz unwirksam machen und ihn förmlich zum Stillstehen bringen können: dadurch nämlich, daß man seine ganze Last von den mittlern Rädern abhöbe und auf die vier übrigen, losgekuppelten Räder legte, was bei vierrädrigen Wagen nicht angeht.

Damit im Fahren der Dampfwagen nicht von den über dem Boden erhöht liegenden Bahnschienen herunter gleiten könne, haben seine Räder, wie schon bemerkt, an der innern Seite einen vorstehenden Spurkranz, welcher sie am Ausgleiten nach den Seiten hindert. Damit nun aber dieser Rand nicht fortwährend seitwärts an den Schienen sich reiben möge, sind die Räder neben dem Rande nicht vollkommen cylindrisch, sondern ein wenig conisch; und zwar ist zunächst an dem Spurkranze ihr Durchmesser ein wenig größer, als außerhalb. Die Folge davon ist, daß, wenn z. B. der Wagen ein wenig links gedrängt wird, das linkseitige Rad, welches nun mit einem größern Durchmesser aufruht, dieserhalb einen längern Weg durchlaufen muß, als das rechtseitige Rad; wodurch denn der Wagen auf den Schienen schnell wieder in seine gehörige Lage zurückgebracht wird. Man sieht so geformte Räder in Fig. 3. Indessen gleitet denn wohl der Wagen, vermöge seines Schwunges, erst wieder zu weit rechts ab; und nur nach wiederholtem Rechts- und Links-Abgleiten kann er erst wieder in das richtige Geleise zurückgelangen. In der Regel bewegen sich auch die Bahnfuhrwerke auf den Schienen fast nie ganz gerade aus, sondern beschreiben immer eine, abwechselnd rechts und links ausweichende, obwohl sehr langgestreckte, Schlangenlinie.

Ein Vorzug der sechsrädrigen Dampfwagen vor den vierrädrigen ist auch der, daß die mittleren, hauptsächlich und in der Regel den größten Theil des Gewichts des Wagens tragenden Räder gar keines Spurkranzes bedürfen, sondern vollkommen cylindrisch sein können, so daß also

die Reibung an den Schienen von der Seite geringer ist. Denn nur die übrigen vier Räder, die in der Regel weniger belastet sind, bekommen Spurkränze; und diese Räder allein sind, wie die Erfahrung zeigt, hinlänglich, den Dampfwagen in dem richtigen Geleise zu erhalten. —

Herr Rob. Stephenson, der zuerst die Dampfwagen mit sechs Rädern anwendete, hatte bei dieser größern Vertheilung des Gewichts hauptsächlich den Zweck, einen größern Kessel anwenden zu können, ohne die Schienen stärker als bei vierrädrigen Wagen belasten zu müssen. Ein anderer Vortheil der sechsrädrigen Wagen ist, daß sie stehen bleiben, wenn auch eine der Radaren bricht, daß dabei natürlich für die Kessel keine äußere Verletzung zu befürchten ist, und daß sie sich bei Krümmungen mit kleinem Halbmesser leichter fortbewegen, als vierrädrige mit gekuppelten Rädern. — Dennoch sind die engl. Ingenieure nicht einstimmig in Bezug auf die Frage, ob die vier- oder die sechsrädrigen Wagen die vortheilhaftern seien; einige der besten Werkstätten liefern nur erstere, andere nur letztere. — Neuerlich sucht man die Geschwindigkeit der Wagen durch eine große Radhöhe von 6, 7, ja selbst 8 Fuß zu befördern; auch sind die Locomotive auf den neuesten Bahnen sehr breit.

Die Sicherheits-Ventile. Die drei bis jetzt beschriebenen Theile eines Dampfwagens sind es hauptsächlich, auf welchen seine Wirkung beruht. Die übrigen Theile sind nur mehr Nebendinge, und nur bestimmt, die durch die Haupttheile hervorgebrachte Kraft der Maschine zu lenken und wirksam zu machen.

Der Kessel hat zwei Sicherheitsventile E und F, Fig. 2 und 4. Eines derselben ist zuweilen in einer Kapsel verschlossen, damit der Führer der Maschine außer Stande sei, es zu überladen, wozu er versucht werden möchte, in der Absicht, die Kraft der Maschine zu verstärken, selbst auf die Gefahr, sie zu beschädigen. In der Regel aber verzichtet man auf diese Anordnung, wegen der sonstigen damit verbundenen Uebelstände. Uebrigens beziehen wir uns auf das, in der 1. Abth., S. 284 u. ff., über die Sicherheitsmaßregeln bei Dampfmaschinen Gesagte.

Der Wasservisirstab (water-gauge). An dem Kessel befindet sich eine Visirröhre, welche die Höhe des Wassers im Kessel anzeigt. Sie besteht aus einer Glasröhre m n, Fig. 8, Taf. XLVII, deren Enden in Kapseln a, a stecken, mit Hähnen, welche die Röhre mit dem Innern des Kessels in Verbindung setzen, und die außerhalb gedreht werden können; wie es die Figur zeigt. Sobald die beiden Hähne r, r, ober- und unterhalb geöffnet werden, tritt das Wasser aus dem Kessel in die Röhre, und so hoch hinauf, wie es im Kessel steht. Durch den Hahn s kann das Wasser aus der Röhre abgelassen werden. Diese Visirröhre hat den Zweck, daß der Führer der Maschine sehen könne, ob es nöthig sei, Wasser aus dem Munitionswagen in den Kessel zu schaffen. Da indessen die Röhren im Kessel und die übrigen Theile desselben zu sehr leiden, wenn das Wasser darin fehlt, und der Kessel dann sogar bersten kann: so befinden sich, zu noch größerer Vorsicht, an den Seiten des Kessels zwei, und zuweilen drei kleine Hähne, in verschiedener Höhe, die, wenn man sie öffnet, den Wasserstand im Kessel noch zuverlässiger anzeigen.

Eben so, wie es nöthig ist, stets die Höhe des Wasserstandes im Kessel zu kennen: eben so nothwendig ist es auch, von der jedesmaligen Spannkraft der Dämpfe im Kessel unterrichtet zu sein. Denn wäre diese Kraft zu schwach, so würde die Maschine nicht die gehörige Wirkung haben. Da indessen dieser Gegenstand bereits in der 1. Abtheilung dieses Theiles, Sp. 251 rc., im Allgemeinen abgehandelt worden ist, so verweisen wir darauf und machen hier nur die folgenden Bemerkungen, welche sich speziell auf die Dampfwagen beziehen.

Wenn man einen Dampfwagen aufmerksam betrachtet, so bemerkt man bald, daß die Spannung des Dampfes im Kessel sehr veränderlich ist, wenn gleich das Ventil unveränderlich bleibt. Bewegt sich die Maschine schnell, mit mäßiger Ladung, und gelangt an einen Abhang der Bahn, so muß sie sogleich, wie gering auch der Abhang sein mag, eine stärkere Zugkraft entwickeln, weil die Wirkung des Gewichts der gesammten Masse auf der schiefen Ebene den Widerstand verstärkt. Die Wirkung des Abhanges wird um so bemerkbarer sein, je geringer die Zugkraft auf den horizontalen Stellen der Bahn war. So erfordert eine Ladung von 2240 Pfund auf horizontaler Bahn nur etwa 8 Pfund Zugkraft; auf einem Abhange von 1 auf 100 dagegen schon fast 4 mal so viel, nämlich zur Ueberwindung der Wirkung auf der schiefen Ebene noch $\frac{2240}{400} = 22{,}4$ Pfund mehr. Die Folge der plötzlich nothwendigen Vermehrung der Zugkraft ist aber, daß der Dampfwagen, so wie er an dem Fuße des Abhanges anlangt, seine Geschwindigkeit beträchtlich vermindern muß. Gesetzt, er habe bis dahin 480 Cylinder voll Dampf in der Minute verbraucht, und müsse nun, wegen des vergrößerten Widerstandes auf der Bahn, seine Geschwindigkeit bis auf den dritten Theil ermäßigen, so wird er fortan nur 160 Cylinder voll Dampf consumiren. Gleich wohl aber erzeugt das durch den Lauf bis dahin heftig erregte Feuer fortwährend noch eben so viel Dampf. Zwar wird dieser Dampf mit größerer Spannung consumirt; aber die Erfahrung lehrt, daß die Erhöhung der Spannung nicht die größere Menge des Dampfes compensirt. Das Ventil muß also anfangen, eine große Menge überflüssigen Dampfes abzuführen, welcher nun, um zu entweichen, das Ventil hebt. Aber das Ventil kann sich nicht heben, ohne die Feder der Wage zu drücken, und folglich ihre Spannung zu verstärken: also kann der Dampf nicht entweichen, ohne Erhöhung seiner eigenen Spannung. In der That hebt die Kraft der Spannung des Dampfes an der Wage sogleich mehrere Pfund auf den Quadratzoll mehr, je nach der Heftigkeit des Feuers und der Construction der Maschine. Es ist also sehr gefehlt, wenn man annimmt, die wirksame Spannung des Dampfes steige nicht über 50 Pfund, weil sich bei dieser Spannung das Ventil hebt.

Die Schieberventile. Ueber diese ist Folgendes zu bemerken. Wir sagten oben, daß das Schieberventil den Dampf abwechselnd nach der einen und nach der andern Seite des Kolbens zuläßt, was die hin- und hergehende Bewegung der Kolben, und weiter das Fortrollen des Wagens hervorbringt. So wie nun der Maschinenmeister den Hahn oder Regulator T, Fig. 4, Taf. XLVII, geöffnet hat, strömt der Dampf durch die Dampfröhre v nach dem

Schieberventil-Gehäuse, Fig. 9, Taf. XLVII und XLVIII. Daselbst drückt er mit seiner ganzen Kraft auf den obern Theil x des Schiebers, und preßt denselben während seiner Bewegung auf die Ebene an, auf welcher er gleitet. Wenn sich der Schieber in der in der Figur vorgestellten Lage befindet, so nimmt der Dampf den Weg 1, drückt auf den Kolben und treibt ihn fort, in der Richtung des Pfeils. Zu gleicher Zeit entweicht der an der andern Seite des Kolbens befindliche Dampf auf dem Wege 2, welcher vermittelst der Oeffnung e nach außen führt. Hierauf wird der Schieber vermittelst der Schieberstange l in eine andere, durch punktirte Linien angezeigte Lage getrieben. Nachdem er in diese Lage gekommen, ist nunmehr dem aus dem Kessel immerfort zuströmenden Dampfe der Weg 2 offen. Der Dampf treibt also jetzt den Kolben in die der vorigen entgegengesetzte Richtung; dagegen ist jetzt dem Dampfe der Weg 1 zum Austritte durch die Oeffnung e verschlossen. So geht es abwechselnd weiter. Der Schieber gelangt immerfort aus der einen seiner Stellungen in die andere, schließt und öffnet abwechselnd die beiden Wege 1 und 2, und der Dampf treibt den Kolben hin und her. Der ausströmende Dampf begibt sich in die Esse, wo er, auf die weiter unten zu beschreibende Weise, den Luftstrom verstärkt, um den Zug des Ofens zu befördern.

Die Bewegung des Schiebers ist so regulirt, daß sie derjenigen des Kolben correspondirt. Aber der Schieber eilt jedesmal ein wenig dem Kolben vor; das heißt, der Zutritt zum Kolben wird dem Dampfe nicht genau in demselben Augenblicke geöffnet, wo der Kolben seine Bewegung zu beginnen hat, sondern ein wenig früher. Dieses ist, was Voreilen des Schiebers heißt und wovon wir weiter unten näher reden werden. Es bekommt dadurch der Dampf in dem Augenblick, wo der Kolben sich in Bewegung setzt, schon seine volle Wirkung auf ihn.

Die excentrischen Scheiben. Die hin- und hergehende Bewegung des Schiebers wird von der Kraft des Dampfes selbst hervorgebracht. Wie dieses geschieht, einzusehen, erfordert einige Aufmerksamkeit.

An der Kurbelaxe stecken excentrische Scheiben, und so wie dieselben mit und durch die Axe herumgedreht werden, treiben sie die Schieberstange hin und her.

Die Anordnung dazu zeigen Fig. 2 und 3, Doppeltafel XLIX und L. o ist der Mittelpunkt der Kurbelaxe. Ihr Querschnitt ist schräg, von oben links nach unten rechts, schraffirt. m ist der Mittelpunkt der excentrischen Scheibe, deren Querschnitt entgegengesetzt, von oben rechts nach unten links, schraffirt ist. Indem nun die Axe sich herumdreht, führt sie die excentrische Scheibe mit sich fort, und macht folglich, daß ihr Mittelpunkt um o einen Kreis beschreibt. Da bei dieser Bewegung der Punkt m abwechselnd von der einen Seite des Axenmittelpunkts o nach der andern gelangt, so treibt die excentrische Scheibe vermittelst des Ringes n, n, welcher sie umgiebt, offenbar die Stange L hin und her welche nun weiter mit der Schieberstange in Verbindung steht.

Nun ist es offenbar, daß der Punkt C, welcher die Nabe der an der Axe steckenden, durch den Kolben in Bewegung gesetzten Kurbel vorstellt, einen halben Umlauf macht, während der Dampf den Kolben von einem Ende des Cylinders bis zum andern treibt. Also macht auch die Axe selbst in dieser Zeit einen halben Umlauf, und folglich

auch der Punkt m um den Punkt o. Mithin treibt die excentrische Scheibe während eines Hubes des Kolbens die Stange L, folglich auch die Schieberstange l, und mithin den Schieber selbst, aus der einen seiner beiden äußersten Lagen in die andere. Dadurch aber öffnet der Schieber dem Dampfe den Zutritt zu der entgegengesetzten Seite des Kolbens; der Kolben bewegt sich also nun zurück und zwingt die Kurbelaxe, einen fernern halben Umlauf zu machen, der den Schieber in seine erste Lage zurückbringt; mithin wird nunmehr der Kolben wieder nach der ersten Richtung fortgetrieben, und so geht die Bewegung immer weiter von Statten.

Die Wirkung der excentrischen Scheibe auf die Schieberstange wird, wie oben bemerkt, zunächst durch den die Scheiben umgebenden Ring n n vermittelt, der an dem Ende der Pläuelstange L fest ist, und in welchem sich die excentrische Scheibe dreht. Die Berührungsflächen des Ringes und der Scheibe sind polirt, und werden durch Oel schlüpfrig gemacht. So wie bei der Umdrehung der Axe der größere Halbmesser der excentrischen Scheibe von der einen Seite des Axenmittelpunkts nach der andern gelangt, zieht die Scheibe die mit dem Ringe verbundene Stange hin und her, und theilt also der Schieberstange eine hin- und hergehende Bewegung mit.

Die excentrische Scheibe wirkt also hier ganz so, wie eine gewöhnliche Kurbel. Aber sie verwandelt die umdrehende Bewegung der Kurbelaxen in die hin- und hergehende der Schieberstange, während die Kurbeln an der Axe, umgekehrt, die hin- und hergehende Bewegung der Kolben in die umdrehende Bewegung der Axe verwandeln. Die excentrischen Scheiben vertreten die Stelle von Kurbeln, in welche, ohne sie, die Kurbelaxe ferner würde gekrümmt werden müssen.

Da, nach der Anordnung der Maschine, die Schieberstangen mit der Kurbelaxe nicht in einer und derselben Ebene liegen, so können die excentrischen Scheiben ihre Bewegung den Schieberstangen nicht direct mittheilen. Dieses geschieht vielmehr durch die Kreuzstange K mit den beiden Armen KL′ und Kl′. Wenn die excentrische Scheibe sich herunter bewegt, so rückt die Schieberstange l vor, und umgekehrt, wie es die Figur zeigt. Die Vergleichung der Figuren 2 und 3, welche die Maschine um einen Viertelumlauf verschieden vorstellen, wird die Wirkung derselben vollends verdeutlichen.

Bei genauerer Betrachtung der Bewegung des Schiebers, Fig. 3, wird man bemerken, daß, wenn bei dem Uebergange des Schiebers aus der einen Lage in die andere, derselbe gerade in der Mitte sich befindet, der Durchgang der Dämpfe nach den Kolben hin auf einen Augenblick gänzlich verschlossen bleibt. Dieses ist der Augenblick, wo der Weg, den der Dampf nimmt, wechselt; er correspondirt mit demjenigen, in welchem der Kolben seine Richtung ändert. Er muß offenbar mit demjenigen zusammentreffen, in welchem, das geringe Voreilen des Schiebers bei Seite gesetzt, der größere und kleinere Halbmesser der excentrischen Scheibe mit der Kurbel einen rechten Winkel macht. In der That muß sich der Schieber nothwendig dann in der Mitte seines Laufs befinden, wenn der Kolben das Ende seines Laufs erreicht hat. Man sieht die Nothwendigkeit dieses Zusammentreffens deutlich aus der Figur. Der besondere Vortheil der in einem rechten Winkel gegen die Kurbel gestellten excentrischen Scheibe ist nun, daß sie gerade dann ihre volle Wirkung äußert, wenn die Kurbel in der Richtung der Pläuelstange liegt, oder unwirksam ist, also dann, wenn der Kolben gerade am Ende seines Laufes sich befindet. Denn so ist die excentrische Scheibe im Stande, gerade dann den Schieber auf das schnellste fortzutreiben, wenn es darauf ankommt, dem Dampfe den einen Weg zu verschließen und den andern zu öffnen, wie es sein muß, damit keine Zeit für seine Wirkung verloren gehe.

Die Auslösung. Wir haben bis jetzt insbesondere immer nur von einem Schieber gesprochen. Da aber zwei Cylinder vorhanden sind, so muß es auch zwei Schieber geben. Anderntheils ist leicht zu sehen, daß, da die Kolben abwechselnd auf die beiden, einen rechten Winkel mit einander einschließenden Kurbeln wirken, die Radien der beiden excentrischen Scheiben ebenfalls in einem rechten Winkel gegen einander stehen müssen.

Die Scheiben müssen durch die Axe herumgedreht werden. Sollte der Wagen blos in einerlei Richtung, nämlich nur vorwärts bewegt werden, so könnten die Scheiben auf der Axe unbeweglich fest sein. Soll dagegen der Wagen zugleich noch rückwärts gehen können, so müssen sich die Scheiben eine verschiedene Lage auf der Axe geben lassen.

Das Scheibenstück muß also auf der Axe beweglich sein, gleich einer Rolle in einem Kloben; aber zugleich muß es nach Belieben befestigt werden können. Zu diesem Ende haben die Scheiben an den Seiten zwei Löcher oder Augen; die Axe aber hat zwei Dübel oder Knöpfe, welche Treiber heißen. Die excentrischen Scheiben stecken auf der Axe zwischen den beiden Treibern, und es ist nun leicht, sie vermittelst eines Hebels auf der Axe hin- und her zu schieben, bis der eine oder der andere der beiden Treiber in das eine oder das andere Auge eingreift, worauf dann, von diesem Augenblicke an, die Scheibe von der Bewegung der Axe mit fortgezogen wird. Sind nun die Treiber so angeordnet, daß der eine der Bewegung des Wagens vorwärts, der andere der Bewegung rückwärts entspricht: so läßt sich, bloß durch Verschiebung des Scheibenstücks auf der Axe, die vorwärtsgehende Bewegung in die rückgängige verwandeln, und umgekehrt.

Die Bestimmung der Lage der excentrischen Scheiben für die beiden Arten der Bewegung hat keine Schwierigkeit. Gesetzt, es befinde sich, indem sich der Dampfwagen auf den Schienen vorwärts bewegt, einer der beiden Kolben gerade in der Mitte des Cylinders, während in demselben Augenblicke die Kurbel, auf welche die Stange des Kolbens wirkt, gerade senkrecht und über der Axe steht, also in der Lage Fig. 4, Taf. XLVII, so ist klar, daß, wenn nun der Wagen vorwärts gehen soll, der Dampf den Kolben vorwärts treiben muß, weil so der Kolben die Kurbel und die Räder des Wagens in seiner eigenen Richtung fortzieht. Also muß sich in dem angenommenen Falle dem Dampfe der Weg l geöffnet haben, und folglich der Schieber vorwärts gezogen worden sein. Es muß daher, wie aus Fig. 2, Taf. XLIX, zu ersehen, der größere Halbmesser der excentrischen Scheibe horizontal und hinter der Axe liegen. Und so muß folglich der Treiber die Scheibe, für die Bewegung vorwärts, ergreifen.

Soll dagegen, von dem angenommenen Augenblicke an, der Dampfwagen rückwärts gehen, so muß der Dampf zu der entgegengesetzten Seite des Kolbens Zutritt bekommen. Es muß ihm also der Weg 2 geöffnet, d. h. der Schieber muß rückwärts getrieben werden. Folglich muß denn der größere Halbmesser der excentrischen Scheibe zwar wieder horizontal, aber vor der Axe liegen, und in dieser Lage von dem Treiber ergriffen werden. Wenn die Kurbel rechts, senkrecht über der Axe steht, so befindet sich der Treiber und das Auge, in welches er eingreift, hinter der Axe. Der größere Halbmesser der excentrischen Scheibe liegt horizontal und vor der Axe, was, wie wir sahen, der rückgängigen Bewegung des Wagens entspricht. Der Treiber befindet sich also in der dieser Bewegung entsprechenden Lage, und ergreift, derselben gemäß, die excentrische Scheibe.

Nehmen wir nun im Gegentheil an, die excentrische Scheibe werde nach dem andern Treiber hin getrieben, so wird, weil das correspondirende Auge nicht vor dem Treiber liegt, und sich nun die Scheibe nicht weiter dreht, die Axe einen halben Umgang machen müssen, ehe der Treiber in das Auge eingreifen kann. Die Kurbel rechts wird also bis unter die Axe gelangen, während die excentrische Scheibe noch vor der Axe sich befindet, und dieses ist die, der vorhergehenden Bewegung entsprechende Lage; denn für die Bewegung vorwärts muß, wie sich oben zeigte, die Kurbel über der Axe und die excentrische Scheibe hinter derselben stehen.

Es folgt also nun, daß die beiden Treiber, da sie auf einander senkrecht stehen, nebst den Kurbeln, sich in den gehörigen Lagen befinden, um den Wagen in der einen vorwärts, in der andern rückwärts zu treiben.

Da die beiden Treiber auf der Axe an entgegengesetzten Seiten der excentrischen Scheiben befestigt sind, so ist klar, daß, wenn man das Scheibenstück vermittelst eines Hebels nach dem einen oder dem andern Treiber hin stößt, der Dampf unmittelbar den Wagen vor- oder rückwärts bewegen wird, je nachdem dieser oder jener Treiber eingegriffen hat. Der Hebel, vermittelst dessen das Scheibenstück in Bewegung gesetzt wird, ist so eingerichtet, daß er sich im Bereiche des auf seinem Brette stehenden Maschinenführers befindet.

Außer dieser Anordnung, vermöge welcher der Führer der Maschine allein und nach Belieben die Schiebeventile zu handhaben vermag, unabhängig von der Bewegung der Axe, sind auch noch die Schäfte oder Plänelstangen der excentrischen Scheiben nicht unverrückbar mit den Ventilstangen verbunden.

Sie greifen in dieselben bloß vermittelst der Einschnitte oder Kerbe L′, Fig. 2 und 3, Taf. XLIX und L, ein. Vermittelst eines Hebels kann der Maschinenführer den Schaft der excentrischen Scheiben aus dem Einschnitt herausheben. Dann können sich die Schiebeventile ganz frei und ohne Einwirkung der Axe bewegen. Ueberhaupt also kann man durch die beiden Griffe P, P′, Fig. 2 und 3, Taf. XLVII und XLVIII, die mit den Schieberstangen in Verbindung stehen, den Schiebern die ihnen nöthige Bewegung geben.

Die Wasserpumpen. Unter dem Dampfwagen befinden sich zwei Pumpen p, Fig. 2, Taf. XLVII, welche bestimmt sind, Wasser in den Kessel zu schaffen. Sie liegen unmittelbar unter den Kolbenstangen und werden durch dieselben in Bewegung gesetzt. Jede Pumpe saugt einen Theil des Wassers aus dem Behälter auf dem Munitionswagen in ihren Stiefel ein, und treibt darauf dasselbe aus dem Stiefel in den Kessel, auf die gewöhnliche Weise. Da zwei Pumpen vorhanden sind, so ist man gegen Unterbrechungen des Wasserzuflusses nach dem Kessel gesichert, für den Fall, daß etwa die eine Pumpe schadhaft werden sollte.

Die Ventile dieser Pumpen bestehen, sehr sinnreich, aus kleinen metallenen Kugeln, die auf kreisförmigen Lagern ruhen, in welche sie genau passen. Sie wirken dadurch, daß sie in dem Cylinder gleiten, dessen Wände Löcher zum Durchgange des Wassers haben; Fig. 10 u. 11, Taf. XLVII, stellt ein solches Ventil vor. Das Wasser tritt durch a aus dem Innern des Cylinders unter die Kugel; es hebt dieselbe und tritt darauf in den Körper der Pumpe durch die Oeffnung b, b. Diese Art Ventile versagen nie. Die Pumpen waren vor Einführung dieser Ventile immer in Unordnung.

Der Dampfregulator. Der Regulator, dessen wir oben gedachten, und vermittelst dessen der Weg für den Dampf aus dem Kessel nach den Cylindern erweitert oder verengt werden kann, besteht einfacherweise aus zwei aufeinander gelegten und genau auf einander passenden Scheiben, Fig. 12 und 13, Taf. XLVII und XLVIII, welche jede eine Oeffnung von gleicher Größe und Gestalt haben. Die untere Scheibe ist unbeweglich und verschließt die Röhre, durch welche der Dampf entweicht. Die obere Scheibe dagegen ist beweglich, und kann vermittelst eines Griffes T, der aus der Maschine hervorreicht, gedreht werden. Der Zapfen r der beweglichen Scheibe geht auch durch die unbewegliche, um die Scheiben auf einander in der richtigen Lage zu halten. In Fig. 12 sind die beiden Scheiben durch gegen einander laufende Schraffirungen unterschieden. Man kann nun die obere Scheibe so drehen, daß ihre Oeffnung genau auf die der untern paßt, wie in Fig. 12, und alsdann ist der Durchgang völlig offen. Dreht man die bewegliche Scheibe weniger herum, etwa nach der punktirten Linie in Fig. 13, so ist der Durchgang nur zum Theil offen; und wenn die Oeffnungen gar nicht auf einander treffen, so ist der Durchgang ganz verschlossen. In dem letzten Falle drückt der Dampf die obere Scheibe auf die untere fest.

Man macht den Regulator auch zuweilen auf andere Weise; z. B. in Form eines doppelwegigen Hahns, wenn der Dampf von oben kommt. Aber die vorhin beschriebene Art ist die üblichste.

Der Feuerrost. Der Rost auf dem Boden des Ofens besteht nicht aus einem Stücke, sondern aus einzelnen Stangen. Dieselben liegen neben einander auf dem Boden des Ofens, und werden dort an ihren Enden getragen. So eingerichtet, können die Stäbe des Rostes bequem einzeln erneuert werden, wenn sie verbrannt sind; desgleichen kann man, wenn irgend ein Schaden am Kessel entstanden wäre, in Folge dessen das Wasser unvermuthet aus demselben wegstöße, und so die Maschine in Gefahr geriethe, leicht vermittelst eines gekrümmten Schüreisens die Roststäbe durcheinander werfen, und so augenblicklich das Feuer auslöschen, indem man es, sammt den Roststäben, hinaus auf die Straße fallen läßt. Auf dieselbe Weise wird alle

Abends der Ofen geleert, nachdem die Maschine ihr Tagewerk vollbracht hat.

Uebersicht der verschiedenen Theile der Maschine. Wir wollen die obige Beschreibung dadurch zu vervollständigen suchen, daß wir an den Gesammtansichten der Maschine, Fig. 2 bis 5, Taf. XLVII und XLVIII, nachweisen, welche Stellen die einzeln beschriebenen Theile einnehmen. A ist derjenige Theil des Kessels, welcher den Ofen enthält; BB ist der Standort des Führers der Maschine; C ist der Schornstein; DD sind die Cylinder; E ist das erste Sicherheitsventil, mit Hebel- und Federwage; F ist das zweite, auf gleiche Weise construirte Sicherheitsventil; G ist die Glasröhre; H sind die Probirhähne; I ist das Ende der Stange einer excentrischen Scheibe; J sind die Schienen, welche die Kolbenstangen genau in der horizontalen Richtung halten; K ist das Kreuz, welches die Bewegung der Stange der excentrischen Scheibe auf diejenige der Schieberventilstange vermittelst der Arme KL′ und Kl′, die darauf befestigt sind (Fig. 2 und 3, und Taf. L), überträgt; L′ ist der Einschnitt, vermittelst dessen die Stange der excentrischen Scheibe mit dem Kreuze, welches die Stange des Schieberventils führt, in Verbindung gesetzt wird; MM sind Stangen, vermittelst welcher der Führer der Maschine die Stangen der excentrischen Scheiben heben und sie aus der Verbindung mit dem Schieberventil lösen kann. Dieses geschieht durch die mit einander zu einem Knie verbundenen Arme m und m′. So wie der Maschinist die Stange MM anzieht, steigt der Arm sm in die Höhe und hebt, vermittelst der kleinen Stange m′o′, die Stange der excentrischen Scheibe aus der Verbindung mit dem Arme KL heraus. N ist ein Hebelgriff, vermittelst dessen der Maschinist, zu dem so eben beschriebenen Zwecke, die Stange MM anzieht; P, P sind Griffe, um die Schieber zu bewegen, wenn ihre Verbindung mit den excentrischen Scheiben aufgehoben ist. Diese Griffe wirken auf das Joch Q und bewegen die Enden R, R desselben. Die Bewegung wird, weiter, vermittelst der Stangen S, S auf die Enden r, r des Hebels übertragen, welcher die Schieber in Bewegung setzt. T ist der Griff des Regulators, um den Weg des Dampfes aus dem Kessel nach dem Cylinder zu erweitern, oder zu verengen. V ist der Raum, in welchem der Dampf zurückgehalten wird, bis er durch die Oeffnung des Regulators in die Cylinder zu dringen vermag. U ist das sogenannte Fahr- oder Mannloch, eine mit einem starken eisernen Deckel verschlossene Oeffnung im Kessel, so groß, daß durch dieselbe ein Mensch, wenn es nöthig, in den Kessel hineinsteigen kann. X, X sind die eisernen Kniee, vermittelst welcher der Kessel auf dem Gestell des Wagens befestigt ist. Z, Z sind Druckfedern, welche vermittelst vertikaler Stützen in a, a auf den Büchsen der Radwellen aufruhen. Die Stützen gehen durch Löcher in den Gestellbalken des Wagens. Das eine Ende der Stütze trägt die Druckfeder, das andere steht auf der Büchse des Rades auf. So tragen also die Räder das gesammte Gewicht der Maschine

oben vermittelst der Druckfedern. b, b sind Schienen, welche sich über die Büchsen der Radwellen auf und nieder bewegen können, je nachdem die Druckfedern unter dem Gewichte der Maschine mehr oder weniger nachgeben. In der obern Fläche der Büchse ist ein kleiner Oelbehälter ausgehöhlt. In diesem Behälter befindet sich eine Röhre und ein Heberdocht, der ununterbrochen Oel auf die Axe leitet, nach dem Punkte hin, wo sie sich in der Büchse reibt. c ist eine biegsame Röhre aus hanfenem Zeuge, eine Feder innerhalb umgebend. Durch dieselbe gelangt das Wasser aus dem Munitionswagen nach der Wasserpumpe, sobald der zugehörige Hahn am Munitionswagen geöffnet wird. p ist die Wasserpumpe der Maschine. Sie wird fortwährend vermittelst einer Verbindung mit der Kolbenstange des correspondirenden Cylinders in Bewegung gesetzt, schafft aber nur dann Wasser in den Kessel, wenn der Hahn offen ist, der das Wasser aus dem Munitionswagen zuläßt. Der Hahn ist in der Figur nicht angedeutet. p′ bezeichnet den Griff und die Stange des Probirhahns der Pumpe, welcher anzeigt, ob die Pumpe wirklich Wasser aus dem Munitionswagen zieht oder nicht. Der Hahn öffnet sich nach außen, so daß, wenn er offen ist, und die Pumpe zieht, ein kleiner Wasserstrahl hinaus dringt, der dann anzeigt, daß die Pumpe wirkt. e, e sind die mit Pferdehaaren ausgestopften ledernen Kissen, um den Stoß, den der Dampfwagen geben oder empfangen mag, zu schwächen. f ist ein Hahn, durch welchen das Wasser, welches zuweilen aus dem Kessel nach dem Cylinder gelangt, durch die Kraft des Dampfes ausgetrieben werden kann. g ist eine durch einen Schraubenbolzen verschlossene Oeffnung in dem äußern Gehäuse des Ofens. Wenn der Bolzen ausgeschraubt ist, so kann man mit einer Stange den Raum zwischen den beiden Gehäusen reinigen, und durch eine Druckpumpe kann mit Kraft Wasser in den Raum getrieben werden, um den etwaigen Bodensatz des Wassers auszuspülen. Eine solche Reinigung geschieht gewöhnlich wöchentlich einmal. h, Fig. 3, ist eine bewegliche Tafel oder Thüre vor der Essenabtheilung des Kessels. Wenn diese Thüre geöffnet ist, so sind die Enden der Feuerröhren im Kessel, die Cylinder, die Schieberventile und die Röhren, welche den Dampf aus dem Kessel nach den Schieberventilgehäusen und von diesen nach dem Schornstein leiten, sichtbar. Die Thüre wird geöffnet, wenn es nöthig ist, die Schieberventile zu reguliren.

Maaße der Theile, von welchen die Kraft der Maschine abhängt. Die obige Beschreibung eines Dampfwagens paßt auf die Wagen der Straße zwischen Liverpool und Manchester. Um aber einen vollständigen Begriff von diesen Maschinen zu geben, müssen wir auch noch die Maaße insbesondere derjenigen Theile hersetzen, von welchen, wie sich weiterhin zeigen wird, die Kraft der Maschine abhängt.

Man kann die Dampfwagen der Liverpooler Bahn, der einzigen, von der wir bis jetzt längere Erfahrung besitzen, in 5 Classen theilen.

Classen.	Durchmesser der Cylinder.		Kolbenhub.		Durchmesser der Räder.		Gewicht der Wagen.	Spannung der Dämpfe auf 1 □ Zoll.
	Z.	Lin.	Z.	Lin.	F.	Zoll.	Centner.	Pfund.
1	13	7,5	15	6,5	4	4,4	256,5	51,3
2	11	7,8	15	6,5	4	10,3	256,5	51,3
3	10	8,2	15	6,5	4	10,3	158—177	51,3
4	10	8,2	17	6,5	4	10,3	158—177	51,3

In die fünfte Classe kommen die ältesten Dampfwagen, aus der Zeit der Eröffnung der Bahn. Ihre Cylinder haben 9 Zoll, 8,5 Linien im Durchmesser, und darunter. Der Kolbenhub, die Räder und das Gewicht der Maschinen wechseln nach Verhältniß. Dieselben werden aber jetzt fast gar nicht mehr gebraucht, kaum mehr reparirt.

Von den 32 Dampfwagen, welche die Eisenbahn-Unternehmer haben bauen lassen, und von welchen sie noch 30 besitzen, haben 2 Cylinder von 13 Zoll, 7,5 Linien im Durchmesser; 4 haben Cylinder von 10 Zoll, 8,2 Linien im Durchmesser mit 15 Zoll, 4,4 Linien Kolbenhub; 2 haben aber solche Cylinder mit 17 Zoll, 6,5 Linien Kolbenhub. Die 8 übrigen Wagen sind kleiner und gehören in die obenerwähnte 5te Classe. In allen Wagen beträgt die Spannung der Dämpfe im Kessel 51,3 Pfund auf den Quadratzoll.

Von dem Ausdrucke der Kraft eines Dampfwagens. Es ist gebräuchlich, die Kraft eines Dampfwagens durch die obigen Dimensionen zu bezeichnen. Um aber die Kraft und die Wirkung eines Dampfwagens unter den verschiedenen Umständen vollständig zu bestimmen, kommen noch zwei andere Elemente in Betracht: nämlich die Reibung der Maschine und die Verdampfungsfähigkeit, oder die erhitzte Fläche des Kessels. Inzwischen geben auch die obigen Elemente schon eine leidliche Vorstellung von einer Maschine.

Was die Gewohnheit bei **feststehenden** Dampfmaschinen betrifft, ihre Kraft nach ihrer Wirkung zu ermessen, und diese mit **Pferdekraft** zu vergleichen, was schon, wie leicht zu sehen, überall unzulänglich ist: so ist dieser Gebrauch auf Dampfwagen völlig unanwendbar, und zwar aus folgenden Gründen.

Erstlich hängt die Kraft eines Dampfwagens nicht von derjenigen des Dampfes allein ab, sondern auch von dem Gewicht des Wagens, weil sich danach der Widerstand auf den Schienen und folglich die Größe der fortzuziehenden Ladung richtet.

Zweitens muß die Maschine sich mit verschiedenen Geschwindigkeiten bewegen. Nun muß sie, außer der Ladung, auch sich selbst fortbewegen, und ihre eigene Reibung überwinden. Diese Reibung geht also, und zwar als eine unveränderliche Größe, zunächst von dem Widerstande ab, und ändert daher, je nach der verschiedenen Geschwindigkeit, den für die Ladung übrig bleibenden Nutzeffect. Hieraus folgt, daß wir, wenn wir die Kraft der Maschine nach ihrer Wirkung beurtheilen wollten, für jede verschiedene Geschwindigkeit eine andere Kraft finden würden.

Drittens, da sich die Dampfwagen drei- bis viermal so geschwind fortbewegen, als Pferde es im Stande sind: so würde die Vergleichung ihrer Kraft mit der der Pferde etwas ganz Imaginaires sein. — Doch würde es hier viel zu weit führen, wenn wir von der Spannung der Dämpfe in den Dampfwagen und der Berechnung ihrer Kraft reden wollten, weshalb wir auf das Werk von **Pambour** verweisen.

Von verschiedenen Nebentheilen der Dampfwagen und ihren Wirkungen.

Der Nebendinge oder Vorrichtungen, welche einen mehr oder weniger beträchtlichen Einfluß auf die Wirkung von Dampfwagen haben, und welche folglich näher betrachtet werden müssen, giebt es insbesondere drei: den **Regulator**, das **Blaserohr** und das **Voreilen des Gleitventils**; von welchen wir nun der Reihe nach reden wollen.

Wir haben schon bemerkt, daß die Röhre von dem Kessel nach den Cylindern, ganz oder theilweise, vermittelst eines Hahns oder Regulators verschlossen werden kann. Wenn der Regulator ganz offen ist, so strömt der Dampf so frei in die Cylinder, als es der Querschnitt der Röhre, durch welche er gehen muß, gestattet. Dann ist die Geschwindigkeit so groß, als es bei der Dampferzeugungskraft der Maschine möglich ist. Wird vermittelst des Regulators die Durchgangsöffnung für den Dampf ein wenig verkleinert, so mag der Dampf im Anfange geschwinder strömen, und so noch aller erzeugte Dampf entweichen. In diesem Falle wird die Wirkung die nämliche bleiben, wie vorhin. So lange der Durchgangs-Querschnitt nicht zu der Dampferzeugung außer Verhältniß ist, wird die Wirkung der Maschine nicht vermindert werden.

Fährt man indessen mit der Verengung der Durchgangsöffnung fort, so wird sie zuletzt nothwendig so klein werden, daß ein wesentliches Hinderniß für die Zulassung des Dampfes entsteht. Von da an wird also blos ein Theil des im Kessel erzeugten Dampfes in die Cylinder gelangen können, und folglich wird in eben diesem Verhältniß die Wirkung vermindert werden.

Wir nennen die Dampfmasse, welche die Maschine in der Zeit-Einheit in die Cylinder zu liefern vermag, ihre **wirksame** Dampferzeugungskraft, und wir sehen nun, daß die Stellung des Regulators eine Verminderung dieser Dampferzeugungskraft zur Folge haben kann.

Die Erfahrung bestätigt es, daß von einer Maschine eine und dieselbe Ladung mit verschiedener Geschwindigkeit fortgezogen werden kann, je nach der Verengung und Erweiterung der Oeffnung des Regulators. Darauf beruht die auf der Liverpooler Eisenbahn gewöhnliche Methode, zu verhindern, daß leichte Ladungen mit größeren Geschwindigkeiten fortgetrieben werden, als es die Sorge für die Erhaltung der Maschine, der Fuhrwerke und der Bahn selbst gestatten. Diese Art, die Geschwindigkeit zu reguliren, ist in soweit gut, daß man, wenn auf der Bahn irgend eine geringe Steigung oder sonst irgend ein Hinderniß vorkommt, durch Oeffnen des Regulators und gleichzeitiges

Anfachen des Feuers der Maschine wieder ihre volle Kraft zu geben und sie in Stand zu setzen vermag, das Hinderniß ohne Verminderung der Geschwindigkeit zu übersteigen. Es muß also die Größe der Oeffnung des Regulators in Betracht gezogen werden, wenn man sich der Wirkung der Maschine vergewissern will.

Die Dampfröhren. Berücksichtigt man ferner das, was die freie Bewegung des Dampfes betrifft, so zeigt sich, daß von zwei, übrigens ganz ähnlichen Maschinen diejenige im Vortheil sein muß, deren Dampfröhren einen größern Querschnitt haben. Indessen ist es offenbar, daß über eine gewisse Größe dieses Querschnitts hinaus, die für den Durchgang alles Dampfes, den der Kessel zu entwickeln vermag, und der für die größte Geschwindigkeit der Maschine hinreichend ist, nichts mehr durch die weitere Vergrößerung des Durchgangs-Querschnitts gewonnen werden kann. So kommt es denn, daß, wie eben vorhin bemerkt wurde, der Durchgangs-Querschnitt bis zu einer gewissen Gränze ohne einen Verlust an der Wirkung sich verringern läßt; wenn nämlich der Querschnitt ursprünglich größer war, als nothwendig.

Die Erfahrung hat den angemessenen Querschnitt der Dampfröhren bestimmt, und der Erfolg würde ihn, wenn man nicht darauf achtete, bald anzeigen; denn sollte z. B. eine mit ihrer größten Geschwindigkeit sich bewegende Maschine doch noch Dampf durch ihre Sicherheitsventile ausströmen lassen, so würde es ein Zeichen sein, daß der Durchgangs-Querschnitt für die Dampferzeugungskraft des Kessels zu klein sei.

Es giebt also für die Dampfröhren einen der Dampferzeugungskraft der Maschinen und den Maaßen des Kessels angemessenen Querschnitt. Die Dampfröhren, von welchen die Rede ist, sind diejenigen, welche den Dampf von dem Kessel nach den Gleitventilkammern leiten. Der Querschnitt der Röhren, welche ihn weiter in das Innere der Cylinder führen, hat die nämliche Größe, obwohl eine verschiedene Form, z. B. 1 Zoll Breite und 7 Zoll Länge; was den nämlichen Querschnitt giebt, wie eine kreisförmige Röhre von 3 Zoll Durchmesser.

Das Blaserohr. Schon weiter oben haben wir gesagt, daß der Dampf, nachdem er in den Cylindern seine Wirkung gethan hat, in die Esse ausströmt. Dieses Ausströmen geschieht stoßweise, durch eine aufwärts gebogene Röhre mit enger Mündung, welche mitten im Schornstein liegt. Man nennt sie das Blaserohr, V', Fig. 4, Taf. XLVII und XLVIII. Der Dampf, nachdem er die Luftsäule vor sich hergedrängt hat, welche den Eingang in den Schornstein füllt, läßt stoßweise einen leeren Raum hinter sich. Dieser Raum wird unmittelbar von der äußeren Luft wieder angefüllt, welche durch den Ofen eindringt, um den Raum einzunehmen. Nach jedem solchen Stoße, oder gleichsam Athemzuge, wird das Feuer und die Kraft der Hitze angefacht.

Diese Wirkung ist derjenigen zweier Blasebälge ähnlich, welche fortwährend das Feuer anblasen; und das auf die beschriebene Weise künstlich erzeugte Blasen in das Feuer ist für den Gang der Maschine so nothwendig, daß dieselbe, wenn etwa zufällig das Blaserohr zerbrochen, verbrannt oder undicht geworden ist, sogleich unbrauchbar wird; woraus denn auch folgt, daß der gewöhnliche Zug eines Schornsteins dagegen höchst matt ist.

Man sieht leicht, daß die Heftigkeit des Luftstroms und das Anfachen des Feuers um so stärker sein wird, je enger die Mündung der Röhre ist. Es wird mittelst enger Röhren in der gleichen Zeit mehr Dampf erzeugt werden, und die Kraft der Maschine wird also zunehmen. Das Blaserohr ist daher ein wichtiger, bei einer Maschine zu berücksichtigender Gegenstand; denn so wie der Durchmesser des Rohrs verändert wird, ändert sich auch die Dampferzeugungskraft des Kessels.

Das allgemein angenommene Maaß für den Durchmesser der Mündung des Blaserohrs, welches die Erfahrung gegeben hat, beträgt 2,19 bis 2,43 Zoll. Es ist auf die Weise ermittelt worden, daß man, ohne sonst der Ausströmung des Dampfes ein Hinderniß entgegenzusetzen, die Mündung immerfort und so lange verengte, als eine Zunahme der Wirkung zu verspüren war, und damit innehielt, sobald die Zunahme aufhörte.

Für eine Mündung von 2,43 Zoll im Durchmesser, oder 4,72 Quadratzoll Fläche, für Cylinder von 10,86 Zoll Durchmesser oder 197 Quadratzoll Querschnitt, also in dem Falle, wenn die Mündung des Blaserohrs etwa der 38ste Theil des Cylinder-Querschnitts ist, wird folglich die Geschwindigkeit des in den Schornstein ausströmenden Dampfes, weil nothwendig aller Dampf entweichen muß, etwa 38 mal so groß sein, als die Geschwindigkeit des Dampfes in den Cylindern oder die Geschwindigkeit der Kolben, und folglich etwa $6\frac{1}{2}$ mal so groß als die Geschwindigkeit des Wagenzuges, welche etwa 6 mal so groß ist als die der Kolben.

Die Wirkung des Blasens ist daher in dem Verhältnisse größer, wie es die Geschwindigkeit der Bewegung des Wagenzuges selbst ist. Legt z. B. derselbe 12819 Ruthen in der Stunde zurück, so wird die Geschwindigkeit der Ausströmung 83323 Ruthen in der Stunde oder 278 Fuß in der Secunde sein. Und da diese Geschwindigkeit nicht blos durch das Bestreben des Dampfes, in die Luft auszuströmen, erzeugt werden kann; so muß nothwendig für so große Geschwindigkeiten ein Theil der Kraft der Maschine selbst zur Austreibung des Dampfes, d. h. also zur Anfachung des Feuers in der Esse aufgewendet werden. Daraus, daß auf diese Weise auf die Vermehrung der Wirkung wieder ein Theil der Kraft aufgeht, folgt dann, daß es nothwendig eine Gränze geben muß, wo der Verlust dem Gewinne gleich ist, und wo also der Gewinn aufhört. So erklärt sich, daß die Erfahrung für die Verengung der Mündung des Blaserohrs nothwendig eine Gränze hat angeben müssen.

Voreilen des Gleit-Ventils. — Art und Wirkung des Voreilens. Das Dritte, was wir zu untersuchen haben, ist das Voreilen des Gleitventils.

Bei der Beschreibung der verschiedenen Theile eines Dampfwagens haben wir gezeigt, daß das Gleitventil es ist, was dem Dampfe abwechselnd den Zutritt vor und hinter die Kolben öffnet und verschließt. Wenn die Maschine so regulirt wäre, wie es scheint, daß sie es sein sollte, so würde das Gleitventil den Zugang für den Dampf so lange offen erhalten müssen, bis der Kolben den Boden des Cylinders erreicht hat. In diesem Augenblicke würde

der Wechsel erfolgen müssen; die vorige Zugangsöffnung würde verschlossen und die entgegengesetzte geöffnet werden müssen. Dann würde das Gleitventil genau der Bewegung des Kolbens folgen. Der Wechsel für beide würde strenge gleichzeitig sein.

Aber so ist es in der Wirklichkeit nicht. Man hat durch Erfahrung gefunden, daß die Maschine eine größere Geschwindigkeit erlangt, wenn das Gleitventil dem Kolben ein wenig voreilt, d. h. wenn es dem Dampfe den Zugang ein wenig eher öffnet, als es strenge genommen sein müßte. Ist die Maschine auf diese Weise regulirt, so ist dem Dampfe der Zugang im Augenblicke, wo der Kolben seinen neuen Lauf beginnt, nicht erst zu öffnen, sondern schon ein wenig geöffnet worden. Dieses vorzeitige Oeffnen heißt das Voreilen des Gleitventils, weil es in dem Verhältniß erfolgt, wie das Ventil dem Kolben voreilt. Kommt z. B. das Gleitventil bei seiner Rückkehr dem Kolben um einen Viertelzoll zuvor, so wird der Dampf, wenn erst der Kolben den Boden des Cylinders berührt, schon einen Viertelzoll Oeffnung bereit finden. Die Wirkung davon, sowohl auf die Geschwindigkeit, als auf die Ladung müssen wir hier näher untersuchen.

Die gewöhnliche Art, die größere Geschwindigkeit derjenigen Maschinen zu erklären, deren Gleitventile ein wenig voreilen, ist die, daß man sagt, der Dampf sei in dem Augenblicke, wo der Kolben seinen Lauf beginnt, schon zu wirken bereit. Aber man sieht leicht, daß, wenn der Dampf eher wirkt, als der Kolbenlauf beginnt, seine Wirkung auch eher wieder aufhören werde, als der Kolbenlauf geendigt hat. Das Resultat würde blos sein, daß, was einerseit hinzukäme, andererseits wieder abginge. Diese Erklärung ist also unbefriedigend.

Wenn der Wechsel der Zugänge für den Dampf, statt genau am Ende eines Kolbenlaufs zu erfolgen, unserer Voraussetzung gemäß, schon in dem Augenblicke vor sich geht, wo der Kolben noch einen Zoll von dem Boden des Cylinders entfernt ist, so strömt schon von diesem Augenblicke an kein Dampf mehr in den Cylinder. In der That ist an der einen Seite der Zugang verschlossen; zwar ist er an der anderen offen, aber der Kolben, welcher nothwendig seinen Lauf vollenden muß, preßt den Dampf in den Zugangsröhren zusammen und er kann aus denselben nicht eher ausströmen, als bis der Kolben seine rückgängige Bewegung antritt. Auf diese Weise wird also, rücksichtlich des bei jedem Kolbenlauf in den Cylinder strömenden Dampfes, die Länge des Laufes wesentlich um einen Zoll vermindert. Um die Geschwindigkeit des Kolbens zu finden, muß man die Masse des im Kessel erzeugten Dampfes mit dem Querschnitte des Cylinders dividiren und es giebt dann der Quotient die Geschwindigkeit, mit welcher der Dampf durch die Cylinder strömen muß; also die Geschwindigkeit des Kolbens. So verhält es sich, wenn der Dampf ohne Unterbrechung ausströmen kann; aber wenn, wie es hier wirklich der Fall ist, der Dampfstrom bei jedem Kolbenlauf eine Unterbrechung erleidet, so ist offenbar für die Ausströmung der nämlichen Dampfmasse eine größere Geschwindigkeit nothwendig. Es ist die Erzeugung des Dampfes im Kessel, was die Geschwindigkeit regulirt und begränzt. Die Geschwindigkeit der Kolben wird im umgekehrten Verhältniß der zu füllenden Länge der Cylinder zunehmen. Wie wir sehen, ist also das Voreilen des Gleitventils für die Geschwindigkeit vortheilhaft. Dagegen ist ein Verlust an Kraft, und folglich an Ladung damit verbunden.

Es beruht indessen bei diesem Voreilen des Ventils, da noch keine nähere Untersuchungen deshalb angestellt worden sind, alles noch auf bloßer Gewohnheit. Einige Maschinenbauer geben gar kein Voreilen statt; andere einen Sechszehntel- höchstens einen Achtelzoll engl., wieder andere geben bis fünf Achtelzoll, und noch mehr. Unzweifelhaft erleichtert ein mäßiges Voreilen des Ventils den Gang der Maschine; aber zu viel davon würde zuletzt die Wirkung hemmen. Aus den von Hrn. Pambour angestellten Versuchen folgt, daß die Kraft der Maschine durch das Voreilen des Gleitventils in dem nämlichen Verhältniß abnimmt, wie die daraus entstehende Verminderung der nutzbaren Länge des Kolbenlaufes.

Wir reden nun zuvörderst noch von einigen anderen Theilen der Dampfwagen.

Räder, Axen und Büchsen. — Die Maschinen ruhen, wie schon weiter oben bemerkt wurde, die leichtern auf 4, und die schwerern auf 6 Rädern; letztere haben gewöhnlich 2 Treibräder von 5 Fuß, und 4 Unterstützungsräder von 3½ Fuß Durchmesser; letztere haben vier, je zwei durch Lenkerstangen verbundene Treibräder von 4½ Fuß Durchmesser. Die großen Räder sind mit 20, die kleinen mit 12 eingesetzten Speichen versehen. Die Naben der großen Räder haben 18 Zoll, die der kleinen 12 Zoll Durchmesser und bestehen aus Gußeisen. Den Kranz bilden zwei concentrische Ringe, von denen der eine aus Guß-, der andere aus gewalztem Eisen besteht. Die gemeinschaftliche Breite beider beträgt bei den Treibrädern 6, bei den Unterstützungsrädern 4½ Zoll. Der gußeiserne Kranz ist 2½ Zoll stark.

Er ist gewöhnlich nicht massiv, sondern mit einer concentrischen Nuthe versehen, die mit Holz ausgefüttert ist. Räder von so bedeutender Größe würden, in einem Stück gegossen, dem Zerbrechen zu sehr ausgesetzt sein, weshalb bei denselben der innere Reif des Rades, so wie die Nabe, aus abgesonderten Gußtheilen bestehen, welche durch hohle oder massive schmiedeeiserne Speichen mit einander verbunden sind. Der Guß geschieht in Formen, welche die fertigen Speichen schon enthalten, deren vorspringende Enden von der fließenden Eisenmasse umgeben und nach deren Erkaltung festgehalten werden. Eine solche Verbindung würde indessen, wenn alle Speichen in einer Ebene lägen, deren Nabe noch keine vollkommen feste Stellung im Kranz sichern, weshalb dieselben eine schräge Richtung erhalten, in der Art, daß eine von der innern Kante des Kranzes nach der äußern der Nabe gehende Speiche mit einer, die äußere Kante des Kranzes mit der innern der Nabe verbindenden Speiche abwechselt, wodurch eine Verstrebung erzeugt wird, die der ganzen Verbindung des Rades, besonders aber der Stellung der Nabe, eine große Festigkeit verleihet. Das in der erforderlichen Form gewalzte und zusammengeschweißte Band wird im erhitzten Zustand auf den gußeisernen Kranz aufgetrieben, und drückt sich bei seiner Zusammenziehung während der Erkaltung sehr fest auf denselben. Um aber eine Ablösung dieses Bandes gänzlich zu verhindern, wird es durch mehrere Bolzen, deren Köpfe in der Bahnfläche versenkt sind, auf dessen gegossenen Kranz festgenietet,

worauf das Rad auf die Drehbank gebracht und vollkommen rund und glatt gedreht wird.

Die Treibräder sowohl als die Unterstützungsräder sind in dieser Art construirt, nur mit dem Unterschied, daß die Bahn der erstern rein walzenförmig ist, während die der letztern mit einem Spurkranz versehen ist, der dem Bandeisen schon beim Auswalzen ertheilt, und beim Abdrehen nur rund und glatt gemacht wird. Das Loch in der Nabe wird noch vor dem Abdrehen des Kranzes genau rechtwinklig auf der Radfläche nachgebohrt, und in dasselbe die ganz scharf passende Axe durch starke Hammerschläge eingetrieben. Nabe und Axe werden dann durch einen stählernen Bo'zen verbunden, der in ein zur Hälfte in die Nabe gebohrtes Loch getrieben wird. Die Axen der Treibräder haben einen Durchmesser von 4½, die der andern von 4 Zoll; sie bestehen aus geschmiedetem Eisen, und diejenigen Theile derselben, welche eine Reibung zu erleiden haben, sind genau rund abgedreht, eingesetzt und glatt polirt.

Die Büchsen bestehen aus einfachen messingenen Pfannen, deren Obertheile mit ihren halbrunden Aushöhlungen auf den Zapfen der Axe ruhen. In der Oberfläche jeder Büchse befindet sich eine Vertiefung, die zur Aufnahme des Oeles zum Schmieren dient, welches vermittelst zweier Oeffnungen zum Zapfen der Axe gelangen kann; in diesem Steg befindet sich ein rundes Lager, welches zur Aufnahme des Fußes einer Stange dient, welche mit einem oben angebrachten Bügel die zugehörige Druckfeder umfaßt und mit der Büchse verbindet. Zur Vermeidung von Oelverlust und Abhaltung des Staubes ist der Axenzapfen auch von unten durch ein Pfannenstück geschlossen, welches mit seiner halbkreisförmigen Aushöhlung gegen den Untertheil des Zapfens angedrückt, und durch zwei Bolzen mit dem obern Lager verbunden wird. Diese Büchsen können sich zwischen den Leitungen der verbundenen Bodenstücke in vertikaler Richtung frei auf und nieder bewegen, um den Wirkungen der Federn den nöthigen Spielraum zu gestatten.

Vorrichtungen zum Schmieren. Dieselben sind mit allen den Theilen der Maschine in Verbindung gebracht, welche außer der allgemeinen fortgehenden eine besondere Bewegung machen, und zur Verminderung der Reibung geschmiert werden müssen; dahin gehören insbesondere die Zapfen der sämmtlichen Räderaxen, der Steuerungswellen und Lenkerstangen, die Leitung für geradlinige Bewegung der Kolben- und Ventilstangen, so wie die excentrischen Scheiben mit Zubehör. Zum regelmäßigen Gang der Maschine, mithin auch zur Vermeidung aller Stöße, ist es durchaus erforderlich, daß alle Zapfen genau von ihren Büchsen umschlossen werden, und dieses scharfe Anschließen macht die Anwendung eines flüssigen Fettes zum Schmieren der reibenden Maschinentheile nöthig, weshalb in der Regel das feinste Knochenöl dazu angewendet wird. Das Oel zum Schmieren der Zapfen an den Räderaxen befindet sich in einem verdeckten Behälter über der Pfanne, aus welchem es durch zwei Löcher zum Zapfen selbst gelangen kann. Damit das Oel nicht sogleich wieder unten abtröpfeln kann, ist die Büchse mit einem Untertheil verschlossen, welcher es auffängt und der Axe wieder mittheilt. Zum Schmieren der Zapfen an den Lenkerstangen und der Steuerungsaxe, so wie der Leitung für die Stangen der Cylinderkolben, der Schieberventile und der Druck-

pumpenkolben sind über denselben kleine messingene Büchsen angebracht, in welchen sich das Oel befindet, deren jede mit einem Deckel versehen ist, welcher durch eine Feder verschlossen wird. Diese reibenden Theile erfordern zwar nur eine geringe, aber unausgesetzte Schmierung, weshalb ihnen das Oel tropfenweis auf folgende Art zugeführt wird.

In der Mitte des kleinen Oelbehälters ist eine enge Röhre durch den Boden geführt, welche sich wenig über der Oberfläche des Oels erhebt, und mit ihrem Untertheil in das zu treffende Schmierloch gesteckt wird. Das Ende eines gewöhnlichen in Oel eingetauchten Lampendochts ist in die obere Oeffnung der gedachten Röhre geführt, und in derselben etwas tiefer, als der Boden des Behälters hinunterhängt. Durch Capillarität zieht sich das Oel im Docht aufwärts, fällt von demselben tropfenweis durch die Röhre nieder ins Schmierloch, und gelangt durch dasselbe zu der reibenden Fläche.

Der Theil der großen Treibaxe, auf welchem sich die Büchse mit den excentrischen Scheiben hin und her schieben läßt, wird nur gelegentlich geschmiert, da ein Wechsel der Richtung nur selten vorkommt, und man durch fortwährendes Schmieren viel Oel verschwenden würde. Zu diesem Ende ist neben dem Kessel eine Oelbüchse angebracht, von welcher eine sehr enge Röhre nach der bezeichneten Stelle der Axe führt. Diese Röhre ist mit einem, dem Maschinisten zugänglichen Hahn verschlossen, welchen derselbe auf kurze Zeit öffnet, wenn die Axe geschmiert werden soll.

Das Schmieren der Cylinderkolben hält man schon längst für überflüssig, und es würde noch mehr bei einer horizontalen Lage der Cylinder sein, weshalb auch keine Vorrichtungen zu diesem Zwecke angebracht sind. Die Stopfbüchsen der Dampfcylinder und die Druckpumpen werden dagegen in der oben beschriebenen Art geschmiert, indem dieselben durch ihren Rand gebohrt sind, und auf jedem dieser Schmierlöcher eine der eben beschriebenen Oelbüchsen aufgesetzt ist. Der lange Verbindungszapfen der beiden Theile, aus welchen die Handsteuerungsaxe besteht, wird durch mehrere in der Hülse angebrachte Löcher aus freier Hand geschmiert.

Der Munitionswagen ist durch Fig. 1, Taf. L, im Längendurchschnitt dargestellt, woraus die Construction hinlänglich deutlich werden wird.* In ähnlicher Art wie die Maschine, wird das aus einem hölzernen verstrebten Rahmen bestehende Gestell des Wagens durch Druckfedern getragen, welche auf den Büchsen der Radaxen ruhen. Die Räder, Axen, Büchsen sind übrigens ebenso construirt, wie dieselben Stücke bei der Maschine. Ueber dem Rahmen erheben sich auf dem äußersten Rand desselben vier Wände, welche mit dem Belag auf ersteren einen Kasten bilden, der zur Aufnahme des Brennmaterials bestimmt ist, und dessen niedriger als der Stand des Maschinenwärters liegender Boden mit diesem durch eine schräge Fläche in Verbindung gebracht ist. Ueber dem Kohlenkasten befindet sich der Wasserbehälter von starkem Eisenblech, welcher drei Seiten des Wagengestelles einnimmt, die vierte, der Maschine zugewendete offen lassend, um zu den Kohlen gelangen zu können. Der hintere Theil des Wasserkastens ist etwas erhöht,

* Aus den Verhandl. des Preußischen Gewerbevereins, 1835, S. 200.

und in der Oberfläche mit drei Klappen versehen. Die mittlere verschließt die Oeffnung zur Einnahme des Wassers, während die beiden andern zweien Kasten angehören, in welchen verschiedene Geräthschaften aufbewahrt werden. An den beiden nach Innen gekehrten Längenwänden des Wasserkastens sind zwei kupferne Ausflußröhren a angebracht, deren jede mit einem Hahn b verschlossen werden kann. Die untern Enden dieser beiden Röhren werden mittelst Schraubenmuttern mit den beiden früher erwähnten elastischen Schläuchen verbunden, welche das Wasser zu den Druckpumpen führen.

Die Verbindung des Munitionswagens mit der Maschine geschieht durch eine Zugstange, welche den mittleren Theil einer Druckfeder umfaßt, deren Enden mit beweglichen Bolzen verbunden sind und deren Stellung durch eine Kette fixirt wird. Diese Feder hat den Zweck, die sonst unvermeidlichen Stöße beim Anziehen der Maschine zu verhindern, welche diesen Wagen besonders nachtheilig sein würden.

Die Räder dieses Wagens können gebremßt werden, um die Beschleunigung beim Niedergang auf schiefen Ebenen zu mäßigen, oder ganz aufzuheben. Die Bremsvorrichtung besteht aus zwei Holzklötzen e e, welche auf den entgegengesetzten Seiten der äußersten Enden zweier, auf der Axe f f befestigter, Hebelsarme angebracht sind. Mit derselben Axe, welche von den am Rahmen befestigten Lagern umfaßt und gehalten wird, ist der Hebelsarm h fest verbunden, durch dessen Aufziehen oder Niederlassen die Holzkränze fest gegen die Radkränze gedrückt, oder davon abgelößt werden.

Das Anziehen dieses Hebels geschieht durch die mit dem äußersten Ende desselben verbundene Zugstange i i, deren oberes Ende mit einem Schraubengewinde versehen, und durch das Loch eines am Wasserkasten angebrachten Steges k gesteckt ist. Vermittelst Umdrehung einer mit der Kurbel l verbundenen Schraubenmutter, kann das Anziehen und Lösen dieses Hebels durch den Heitzer bewirkt werden, bei dessen Stand die Kurbel sich befindet.

Alle nicht polirte Eisen- so wie auch die sämmtlichen Holzflächen des Munitionswagens sowohl, als der Maschine, werden zur bessern Erhaltung mit Oelfarbe angestrichen.

Beim Betrieb des Dampfwagens* sind der Munitions- und Dampfwagen immer mit einander verbunden; ein Maschinist und ein Heitzer versehen den Dienst auf demselben. Wegen des beim Stillstand der Maschine sehr geringen Zuges in der niedrigen Esse, währt es lange, bis das Wasser zum Sieden kommt; gewöhnlich vergeht eine Stunde vom Beginne der Heitzung, bis der Dampf die erforderliche Spannung erreicht. Aber selbst dann ist die Dampfproduction noch so gering, daß die Maschine nicht im Stande ist, eine andere Last als ihre eigene fortzubewegen. Um daher das Feuer und dadurch die Dampferzeugung zu verstärken, läßt man gewöhnlich die Maschine einige Zeit ohne Last auf der Bahn hin und hergehen, weil erst durch das Aushauchen des gebrauchten Dampfes ein kräftiger Zug im Schornstein und dadurch eine schnelle Verbrennung der Koaks erzeugt wird. Auf diese Weise

* Aus den Verhandl. des preuß. Gewerbevereins, 1835, S. 206 rc.

steigert sich allmählig die Hitze bis zu der Höhe, welche erforderlich ist, den Dampf in derselben Masse, wie er verbraucht wird, und mit der nöthigen Spannung zu produciren; erst dann werden die Lastwagen mit der Maschine verbunden und der Zug ist zum Abgange bereit.

Nachdem sich der Maschinist durch eine Messung von dem ausreichenden Wasservorrath im Munitionswagen, und durch die Probirhähne von dem richtigen Stand des Wassers im Kessel überzeugt hat, setzt er die Maschine in Bewegung, indem er vermöge eines Fußtrittes auf einen Winkelhebel, oder mittelst eines Griffes auf denselben, die Steuerungsstangen außer Verbindung mit den Steuerungswellen setzt, und diese vermittelst zweier Hebel und der damit verbundenen Zugstange mit den Händen regiert. Der Dampf wird dadurch abwechselnd auf beide Seiten der Kolben geleitet, diese wirken durch die Lenkerstangen auf die Krummzapfen und erzeugen, da diese unter einem rechten Winkel gegen einander geneigt sind, so daß der todte Punkt des einen durch den vortheilhaftesten Angriff des andern überwunden wird, eine Umdrehung der Treibräder. Sobald die Masse hierdurch in fortgehende Bewegung gesetzt, und ein gewisser Beharrungszustand eingetreten ist, wird der Fuß vom Winkelhebel weggezogen, die Steuerungsstangen fallen, vermöge der angebrachten Gewichte, mit ihren verkröpften Enden zwischen den Armen der Steuerungsaxen nieder und umfassen die daselbst angebrachten Bolzen. Hiermit ist die Verbindung der Treibaxe und der Steuerung hergestellt, die Maschine steuert sich nun vermittelst der excentrischen Scheiben auf der Kurbelwelle selbst. Die langsam beginnende Bewegung des Zuges steigert sich in dem Maaße, als die Aushauchungen des gebrauchten Dampfes in die Rauchröhre häufiger werden, der Zug, die Verbrennung und die Dampferzeugung sich mehren. Es erfolgt daher eine fortwährende Beschleunigung der Bewegung, wenn diese nicht durch Ansteigungen der Bahn, starke Krümmungen oder vermehrte Reibungen aufgehoben wird. Wenn daher der Zug einen gewissen Grad der Geschwindigkeit erreicht hat, welchen zu überschreiten nicht für dienlich gehalten wird, so vermindert der Maschinist den Zutritt des Dampfes in die Cylinder, indem er vermittelst Drehung des Regulators oder des Dampfhahnes das Zuleitungsrohr mehr oder weniger verschließt. Dadurch wird der Lauf des Kolbens verzögert, die Aushauchungen in die Esse erfolgen mehr intermittirend, was auf die Verminderung des Zuges und die Dampferzeugung zurückwirkt. — Auch durch das Oeffnen des Schürlochs wird der Zug sehr vermindert, wenn die Dampfproduction stärker wird, als die Verwendung, was durch das häufige Heben der Sicherheitsventile leicht erkannt wird. — Es ist schon weiter oben bemerkt, wie der Maschine durch Verschiebung der excentrischen Scheiben auf der Kurbelwelle eine Fortbewegung in der entgegengesetzten Richtung ertheilt wird, und es bedarf hier nur der Bemerkung, daß, bevor dies geschieht, das Dampfleitungsrohr ganz verschlossen und, wenn es kürzlich nicht geschehen ist, durch Oeffnung des Hahns unter dem Oelreservoir der Theil der Axe geschmiert wird, auf welchen die Büchse mit den excentrischen Scheiben verschoben werden soll. Demnächst wird mittelst Versetzung der Hebelverbindung der Angriffspunkt der letztern verwechselt, und gleichzeitig das Dampfrohr wiedergeöffnet. Der Erfolg äußert

sich nicht augenblicklich, da durch den in entgegengesetzter Richtung wirkenden Dampf das Beharrungsvermögen der bewegten Masse ganz aufgehoben werden muß, bevor die Bewegung in der andern Richtung beginnen kann. Unter gewissen Umständen, wo ein längeres Verharren in der ursprünglichen Richtung nachtheilig oder gefährlich werden könnte, wird auf ein Zeichen des Maschinisten vom Heizer die Bremse des Munitionswagens angezogen, wodurch eine bedeutende Reibung erzeugt, und die Geschwindigkeit des Zuges sehr schnell ermäßigt oder ganz aufgehoben wird.

Eine unausgesetzte Aufmerksamkeit muß der Maschinist auf den Stand des Wassers im Kessel richten, weil bei dem geringen Wassergehalt desselben und der starken Verdampfung eine nur kurze Zeit stattfindende Unwirksamkeit der Druckpumpen die Veranlassung geben wird, daß der Kessel verbrennt oder springt. Letzteres kann leicht geschehen, indem bei einer Senkung des Wassers die obern Röhren und die Decke der Heitzkammer glühend werden. Bei einer leichten Erschütterung der Maschine springt das Wasser im Kessel auf und berührt die glühenden Metalltheile, wodurch plötzlich eine solche Dampfmasse erzeugt wird, daß die Sicherheitsventile sie nicht abzuführen vermögen. Auf der andern Seite ist der Dampfraum im Kessel schon äußerst beschränkt, und eine Ueberfüllung desselben würde den Vorrath des Dampfes in demselben so vermindern, daß während der Füllung beider Cylinder die Spannung und damit die Treibkraft desselben zum größten Theile verloren geht. Bei Beschreibung der Druckpumpen sind die Mittel angegeben, welche dem Maschinisten zu Gebote stehen, um die Speisung des Kessels zu reguliren, zu welchem Behuf die Handgriffe aller dahin zielenden Vorrichtungen bei dem Stand desselben sich vereinigen.

Behufs Anhaltung der Maschine verfährt der Maschinist wie beim Beginn der Bewegung, indem er die Steuerung von der Bewegung der Maschine unabhängig macht und dieselbe immer langsamer mit den Händen regiert. Das Beharrungsvermögen der bewegten Masse wird dadurch zunächst aufgehoben, und der Maschinist kann nun die Maschine durch gänzliche Absperrung des Dampfes auf jedem beliebigen Punkt zum Stillstand bringen.

Eine Maschine legt gewöhnlich einen Weg von 6—7 preußischen Meilen zurück, bevor sie wieder mit Wasser und Brennmaterial versehen wird. Zur Einnahme derselben sind Stationshäuser angebracht, deren jedes, wenn der Verkehr bedeutend ist, eine kleine Dampfmaschine enthält, die das Wasser aus einem Brunnen in ein hochgelegenes Bassin pumpt, in welchem es durch eingelassenen Dampf aus dem Kessel der Maschine vorgewärmt, und in diesem Zustand durch einen Schlauch dem Munitionswagen zugeführt wird, welcher mit der Maschine inzwischen vor dem Stationshause hält, während welcher Zeit denn auch die Schmierbehälter der Maschine, so wie der Lastwagen frisch gefüllt werden.

Der weiter oben speziell beschriebene Dampfwagen hat eine Einrichtung, so wie sie im Allgemeinen bei den Locomotiven in England und auf dem Festlande gebräuchlich ist, und es findet nur, wie wir schon weiter oben bemerkten, ein Unterschied zwischen größern und kleinern Maschinen

dieser Art statt. Man hat aber auch mehre sehr gelungene Versuche gemacht, wesentlichere Veränderungen und Verbesserungen an den Dampfwagen anzubringen, von denen wir einige der wichtigsten erwähnen wollen und übrigens auf Dingler's Journal und auf das polytechnische Centralblatt verweisen, die eine vollständige Uebersicht derselben geben.

In Amerika ist besonders der Dampfwagen von William Norris wegen seiner vorzüglichen Leistungen bekannt, über die wir hier einige Bemerkungen machen wollen. Eine dieser Locomotiven, „George Washington" genannt, besitzt zwei vierfüßige Treibräder und vier dreißigzöllige Tragräder. Der Durchmesser ihres Cylinders beträgt 10½ Zoll, der Kolbenstoß 17,58 Zoll. Die 78 Röhren im Kessel sind 7 Fuß lang und von zweizölligem äußerem Durchmesser; sie wiegt 14930 Pfund. Wirkendes Gewicht auf die Treibräder 8700 Pfund; das adhärirende Gewicht der Maschine kann nicht vermehrt werden. Die Anordnung der Theile nähert sich der englischen Construction, nur liegen die Cylinder außerhalb der Esse, oberhalb der Tragräder, und ihre Kolbenstangen wirken nicht zwischen den Treibrädern auf eine Kurbelaxe, sondern außerhalb derselben, excentrisch sich um einen Zapfen an den kreisförmigen, 20 Zoll im Durchmesser haltenden Naben schwingend. Er unterscheidet sich durchaus von dem Dampfwagen der Herren Gillingham und Winans, welcher stehende Heizröhren und Cylinder hat, durch welche Stellung die Construction sehr verändert wird, und auf welche wir zurückkommen.

Die fast unglaublichen Leistungen der Maschine bestätigten sich hauptsächlich bei einem Versuch, der auf der schiefen Fläche nahe am Schuylkill der Columbia-Philadelphia-Eisenbahn angestellt wurde. Diese schiefe Fläche ist 2800 Fuß lang und hat eine senkrechte Höhe von 196 Fuß, also eine Neigung von 1 zu 14. Die Wagen wurden seither durch eine stehende Dampfmaschine mittelst eines Seiles hinauf und hinunter geschafft. Die Umstände beim Beginne des Versuchs trafen sehr ungünstig zusammen. Es war früh Morgens um 6 Uhr, die Schienen noch naß vom Thau, und der Kessel hatte durch irgend einen Zufall ein Leck bekommen. Mißgünstige hatten beim Anfange der schiefen Fläche die Schienen mit Oel beschmiert. Nachdem die Kohlen- und Wasserkarren und 2 Wagen mit 53 Personen, im Gesammtgewichte von 31270 Pfund, der Maschine angehängt worden waren, setzte sie sich in Bewegung. Die geölten Schienen verursachten indeß natürlicherweise ein Glitschen der Räder, und man kam nicht von der Stelle. Als man aber die Schienen mit ein wenig Sand bestreute, griffen die Räder an, und der Dampfwagen erstieg, bis zum Gipfel nach und nach seine Geschwindigkeit vermehrend, die Höhenstrecke von 2800 Fuß in 2 Minuten und 24 Secunden, welches einer Geschwindigkeit von 13 englischen (etwa 3 deutschen) Meilen in der Stunde gleichkommt. Die Maschine arbeitete unter einem Dampfdrucke von beinahe 80 Pfund auf den Quadratzoll. Auf der Höhe der schiefen Fläche angelangt, blies sie durch das Sicherheitsventil überflüssigen Dampf aus, ein Beweis überreichlicher Dampfentwickelung, die jedoch beschränkt werden kann. Der Dampfwagen setzte seinen Weg nach dem 67 englische (14½ deutsche) Meilen vom Gipfel der schiefen

Fläche entfernten Ort Lancaster fort, und machte diesen Weg in 3 St. 11 Min., gleich 22 engl. (fast 5 deutschen) Meilen in der Stunde. Diese Bahnstrecke ist der Befahrung sehr ungünstig. Häufige und scharfe Krümmungen bis zu 600 Fuß Radius, folgen sich so regelmäßig, daß man glauben möchte, man habe diese Anordnung der Bahnlinie einer Geradelegung vorgezogen. Steigungen von 1 in 117 finden sich mehre vor. Auf horizontalen und geraden Strecken erreichte die Maschine eine Geschwindigkeit von 47 engl. (10 deutschen) Meilen in der Stunde. Bei einem frühern Versuche lief die Maschine mit 19200 Pfund die schiefe Fläche mit wechselnder verschiedener Geschwindigkeit herab, während sie öfters anhielt, um die Gefahrlosigkeit des Hinabgehens zu erproben. Man ließ sie zu dem Ende auf der geneigten Ebene rück- und vorwärtsgehen, wenn es gewünscht wurde, auch ganz still stehen, indem man den Dampf langsam abließ. Auf diese Weise anhaltend und fortlaufend, auf und nieder, brauchte man 12—15 Minuten, um herunterzukommen. — Eine gleichfalls von Norris gebaute Maschine, der „Washington-County Farmer", leistet Aehnliches. Bis zum November 1837 sind einige 30 dieser Maschinen auf amerikanischen Bahnen in Bewegung gesetzt worden. Das Lob dieser Dampfwagen ertönt voll Enthusiasmus in allen amerikanischen Zeitungen, und wenn man auch nicht geneigt ist, den Berichten dieser merkwürdigen Leistungen unbedingten Glauben zu schenken, so sind die verbürgten Thatsachen doch wichtig genug, um die allgemeine Aufmerksamkeit auf diese Verbesserung zu lenken, die einen unberechenbar großen Einfluß auf die Rentabilität der Eisenbahnen überhaupt äußern muß, und besonders für Bahnen von nicht ganz günstigen Steigungsverhältnissen von großem Werthe sein wird. Norris giebt noch folgende Notizen: „Der George Washington hat seit dem 19. Juli täglich die Columbia-Eisenbahn mit Zügen von 18—25 Wagen befahren. Zuweilen hat er zwei Touren, öfter auch drei gemacht. Die Länge der Bahn ist 82 engl. Meilen. Der längste Wagenzug, den diese Maschine fortgeschafft hat, bestand aus 35 Wagen, von denen 18 voll, 3 halbgeladen und 14 leer waren. Die Gesammtlast betrug 128 Tonnen; der Dampfwagen ging für gewöhnlich 12 engl. Meilen in der Stunde. Die größte Last, welche durch diese Maschine bewegt worden ist, beläuft sich auf 137 Tonnen, in 27 Wagen vertheilt. Der Washington-County-Farmer befindet sich ebenfalls in erfolgreicher Thätigkeit. Die erste Ladung, die er über die Bahn führte, bestand aus 28 Transportwagen, beladen mit 141¹/₂ Tonnen. Die Steigungen der Bahn sind sehr stark, die kleinste erhebt sich 28 Fuß in der Meile, die mittlere 32 Fuß und die größte 47 Fuß. Erwähnte Maschine, mit ihrem Wagenzuge von 141¹/₂ Tonnen, erstieg die steile schiefe Ebene von 47 Fuß in der Meile, welche ¹/₂ Meile lang ist, mit einer Geschwindigkeit von 22 Meilen in der Stunde. (Leipziger Allgem. Zeitung, 1838, Nr. 19).

Ein anderes System ist das schon erwähnte der Amerikaner Gillingham und Winans. Diese Dampfwagen unterscheiden sich wesentlich von den englischen Systemen, namentlich von dem Stephensons, welches wir weiter oben genau beschrieben haben. Der Kessel ist ein in der Mitte des Wagens stehender, die ganze Wagenbreite einnehmender Cylinder mit etwa 300 senkrecht stehenden Heizröhren; über demselben, in seiner Mitte, erhebt sich die Esse, und der Wasserspiegel kann innerhalb des Kessels nur in einem Zwischenraume von 6 Zoll schwanken; es sind deshalb unter einander vier Dampf- und Wasserhähne angebracht, welche von dem Heizer häufig probirt werden müssen, um darnach die Speisung entweder in Thätigkeit zu setzen, oder zu unterbrechen. Der über dem Wasser befindliche Dampfraum ist verhältnißmäßig nicht sehr groß.

Außer dem Nachtheile, daß bei dieser Construction alle Röhren gefährdet sind, sobald der Wasserspiegel zu tief sinkt, findet sich auch noch die Unbequemlichkeit ein, daß bei eintretender Reparatur der Heizröhren die ganze Esse abgehoben werden muß.

Gerade unter dem Kessel ist der Heizraum mit kreisförmigem Roste; zwischen dem Heizraume und dem Munitionswagen ist der Platz für den Heizer, auf der entgegengesetzten Kesselseite der Platz für den Wagenführer, welcher also so mit dem Wagen fährt, daß er die zu befahrende Bahn ganz frei übersehen kann. Der Dampf geht aus dem Dampfsammelraume innerhalb des Kessels nieder und in zwei Röhren nach dem hinten zu beiden Seiten, außerhalb der Radebenen liegenden Cylinder; die Kolbenstangen sind außen an den Rädern vorübergeführt, da zwischen den Rädern der Platz durch den Heizraum versperrt wird. Mit dem Ende der Kolbenstangen, welche in Leitungen gehen, sind die Speisepumpenstangen geführt; die Kurbelstangen sind nun aber nicht unmittelbar mit den Radaxen verbunden, sondern gehen nach einer unter den Füßen des Wagenführers am vordern Ende befindlichen Krummzapfenwelle fort, welche mit Rad und Getriebe der vordern Radwelle eine solche Geschwindigkeit mittheilt, daß sich das Rad zweimal dreht, während der Kolben nur einen Auf- und Niedergang vollbringt; das vordere Rad ist mit dem Hinterrade dann wie gewöhnlich bei vierräderigen Wagen gekuppelt.

An der unter den Füßen des Ingenieurs liegenden Welle, sind für jeden Cylinder vier Excentrica angebracht, die so unmittelbar neben einander liegen, daß der von denselben bewegte Rahmen, welcher die Schieberbewegung vermittelt, durch Bewegung eines Handgriffes von einem auf das andere übertragen werden kann, wodurch es möglich wird, die Cylinder entweder mit vollem Dampfe oder mit drei verschiedenen Graden von Expansion zu betreiben. Außerdem befinden sich unmittelbar vor dem Ingenieure die beiden Handgriffe zum Umsetzen der Bewegung.

Die Dampfcylinder haben bei dieser Einrichtung die ungünstigste Stellung, die ihnen nur angewiesen werden kann, und sie vermehren außerdem noch die Hitze des Standpunktes für den Maschinenheizer. Der Dampf, nachdem er in den Cylindern gewirkt hat, wird nicht wie gewöhnlich in die Rauchesse geführt, sondern treibt zuerst ein Ventilator-Rad, durch welches ein anderes Windradgebläse in Thätigkeit gesetzt wird, um dem Kessel den gehörigen Luftzug zuzubringen, und nimmt dann durch seine besondere, neben dem Kessel in die Höhe geführte Esse seinen Abzug. Das ganze Gestell der Maschine ist von Gußeisen. (Politechnisches Centralblatt, 1838, Nr. 38; die dort mitgetheilte kurze Beschreibung der Maschine ist nach einer in Leipzig angelangten und für die dortige Eisenbahn bestimmten, entworfen).

Eine andere Art verbesserter Maschinen ist ganz neuerlich von **Awthorn** in Newcastle in England verfertigt und auf der großen Westeisenbahn, von der wir schon weiter oben bemerkten, daß sie 7 Fuß Spurweite habe, angewendet. Es verspricht dieses Locomotiv nicht nur größere Schnelligkeit, sondern auch größere Sicherheit für die Reisenden. Die Maschinen und der Kessel befinden sich auf zwei verschiedenen Wagen. Der Führer hat den Vortheil völlig freier Aussicht, wodurch er im Stande ist, jedes etwaige Hinderniß zu vermeiden. Ueberdieß kann er von seinem Platz aus die ganze Maschine beherrschen, für alles Fehlende sorgen und auf diese Art die nur zu häufigen Unfälle verhüten. Die Trennung des Kessels von der Maschine hat auch den Vortheil, daß wenn irgend etwas an der letztern oder auf der andern Seite an dem erstern in Unordnung geräth, man einen andern Wagen mit dem schadhaften in Verbindung bringen kann. Die Räder des Maschinenwagens, welche die Bewegung hervorbringen, haben 6 Fuß im Durchmesser und drehen sich bei jedem Kölbenstoß, deren 160 in einer Minute gemacht werden können, dreimal um. — Eine ähnliche Locomotive, bei welcher ebenfalls der Kessel von der Maschine getrennt ist, findet man in Dingler's Journal, Bd. 67 (Jahrg. 1838), S. 8 rc. beschrieben.

Ehe wir die Dampfwagen gänzlich verlassen, wollen wir erst noch einiger Nebenvorrichtungen derselben erwähnen. — Dahin gehören zuvörderst die **Funkenabhalter**, um Feuersgefahr und sonstige Beschädigungen, welche durch die aus der Esse geworfenen Funken und Kohlenstückchen veranlaßt werden könnten, zu vermeiden. —

William Schultz's in Philadelphia Funkenableiter besteht in einem Drahtnetze, welches, um die Esse des Dampfwagens oben nicht zu spitz zu machen, ein wenig über dem Punkte in der Esse angebracht ist, wo der erhitzte Rauch aus den Zügen in dieselbe tritt. Die Röhre mit dem verbrauchten Dampf ist durch das Netz hindurch geführt und mündet oberhalb desselben, um nicht bei jedesmaliger Ausströmung gegen das Netz zu stoßen. Zur Seite befindet sich über dem Netze in der Esse eine Thüre, durch welche leicht beobachtet werden kann, ob sich das Netz noch in gutem Stande befindet, und durch welche eine Auswechselung desselben bewirkt werden kann.

Grey's Funkenabhalter besteht aus einem, ein klein wenig unter der Mündung der Dampfausblasröhre, quer über die Esse herüber eingelegten Drahtgewebe, und es ist an dieser Stelle der Querschnitt der Esse so erweitert, daß die Oeffnungen des Netzes zusammengenommen wenigstens so viel Flächenraum geben, als der übrige Raum der Esse ist.

Endlich hat man auch die Räder der Dampfwagen vielfach zu verbessern gesucht. Unter den manchen engl. Patenten dieser Art erwähnen wir das von **Jones**, welches man im polytechnischen Centralblatt, 1837, Nr. 13, beschrieben findet, und das von **Hague** in London, welches in Dingler's Journal, Bd. 68, S. 19 rc., beschrieben ist.

Endlich ist es nöthig, von der **Vergleichung des Transports durch Dampfkraft mit dem durch Pferdekraft** zu reden.* Vergleicht man die Fortschaffung durch Dampfkraft mit der Fortschaffung durch Pferde auf Eisenbahnen, so treten die Vortheile dieser neuen Kraft sehr auffallend hervor. Wenn man diese Vortheile vollkommen begreifen will, so muß man erwägen, wie thierische Kraft als Fortschaffungsmittel gebraucht wird. Wir sahen schon weiter oben, daß derjenige Theil der Kraft eines Pferdes, der für eine Ladung benutzt werden kann, von der Geschwindigkeit der Bewegung eines Pferdes abhängt. Die Geschwindigkeit hat eine gewisse Gränze, wo ein Pferd seine ganze Kraft nöthig hat, seinen eigenen Leib zu bewegen, und wo es folglich nicht im Stande ist, eine Last zu tragen; und auf der andern Seite giebt es eine gewisse Last, die ein Pferd gerade noch tragen kann, ohne aber dabei im Stande zu sein, sich mit irgend einer wirksamen Geschwindigkeit zu bewegen. Zwischen diesen beiden Grenzen liegt ein gewisses Verhältniß der Bewegung, in welchem die nutzbare Wirkung des Thiers am größten ist. Bei stark gebaueten Pferden kann man dieses Verhältniß im Durchschnitt auf zwei englische Meilen in einer Stunde setzen, und bei leichter gebaueten auf drittehalb Meilen in einer Stunde. Ueber die Gränze dieser Geschwindigkeit hinaus vermindert sich die Last, die sie fortzuschaffen im Stande sind, in sehr schnellem Verhältniß, je mehr die Geschwindigkeit zunimmt. Wäre 121 die Last, die ein Pferd bis auf eine gegebene Entfernung in einem Tage fortschaffen könnte, wenn es 4 englische Meilen in einer Stunde zurücklegte, so würde dasselbe Pferde nicht im Stande sein, mehr als eine Last, die 64 betrüge, auf eine gleiche Entfernung fortzuschaffen, wenn es 7 Meilen in einer Stunde machte, und sollte es 10 Meilen zurücklegen, so würde sich die Last, die es tragen könnte, bis auf 25 vermindern. Angenommen nun, daß die nutzbarste Geschwindigkeit, die man von einem Pferde erhalten kann, 2 engl. Meilen auf eine Stunde ist, so kann es, wenn es täglich 10 Stunden in Thätigkeit ist, eine Last von 12 Tonnen auf einer ebenen Eisenbahn bis auf eine Entfernung von 20 Meilen fortschaffen, so daß man die ganze Wirkung eines Tagewerks als 240 Tonnen, eine englische Meile weit fortgeschafft, annehmen kann.

Dieses Geschwindigkeitverhältniß bei der Fortschaffung paßt aber nicht für den Personenverkehr, und ist es daher nothwendig, Pferde als bewegende Kraft zu benutzen, so muß man besondere Wagen für Reisende haben, so daß Güter mit derjenigen Geschwindigkeit fortgeschafft werden können, bei welcher die größtmöglichste Wirkungskraft des Pferdes stattfindet, während Reisende mit derjenigen Geschwindigkeit befördert werden, welche, es koste was es wolle, unumgänglich nöthig ist.

Das Gewicht einer gewöhnlichen Postkutsche ist ungefähr 2 Tonnen, und auf einer leidlich ebenen Heerstraße macht sie 10 engl. Meilen in einer Stunde. Die Zahl der Pferde, die dazu stets bereit gehalten werden müssen, mit Einschluß der auf den verschiedenen Stationen unumgänglich nöthigen Relaispferde, wird nach dem Verhältnisse von einem Pferde auf jede Meile berechnet. Die Leistungen eines auf diese Weise arbeitenden Pferdes lassen sich zu zwei Tonnen, zwei engl. Meilen in einem Tage, oder auf vier Tonnen, täglich eine Meile weit fortgeschafft, berechnen. Die Zugkraft auf einer ebenen Eisenbahn beträgt wenigstens das Zwanzigfache von der Zugkraft auf einer

* Entlehnt aus Lardner's „Dampfmaschine", 190 rc.

guten Kunststraße, woraus folgt, daß unter gleichen Umständen die Leistung eines Pferdes auf einer Eisenbahn den zwanzigfachen Betrag seiner Leistung auf einer gewöhnlichen Straße ausmacht. Wir können daher die Leistungen eines Pferdes, welches 10 engl. Meilen in einer Stunde auf einer ebenen Eisenbahn macht, einer täglich eine Meile weit fortgeschafften Last von 80 Tonnen gleichstellen. Die besten Dampfwagen auf der Liverpool-Manchester Bahn können 150 Tonnen auf ebener Bahnlinie in gleichem Zeitverhältnisse fortschaffen, und wenn man eben so viel Zeit für Aufenthalt rechnet, so würden sie täglich 150 Tonnen 200 Meilen, oder 30,000 Tonnen eine Meile weit fortschaffen. Es folgt daraus, daß ein Dampfwagen dieser Art so viel leistet, als 7500 Pferde, die auf einer guten Heerstraße ziehen, oder 375 Pferde auf einer Eisenbahn. Zu einer solchen Leistung sind für die besten, jetzt auf der Liverpool-Manchester Bahn gehenden Dampfwagen, 16 Loth Koaks für die Tonne, auf jede englische Meile erforderlich, mit Einschluß der bei dem Aufenthalte verschwendeten Feuerung. Der tägliche Verbrauch von Feuerungsmitteln würde daher unter solchen Umständen auf 15,000 Pfund Koaks steigen, und zwei Pfund Kohlen würden täglich die Leistung eines Pferdes auf einer guten Heerstraße und 40 Pfund täglich die Arbeit eines Pferdes auf einer Eisenbahn verrichten.

Bei dieser Vergleichung nehmen wir an, daß der Dampfwagen mit der vortheilhaftesten Geschwindigkeit, die Pferdekraft hingegen mit der am wenigsten vortheilhaften wirke, wenn man blos den gesammten Betrag der auf eine gegebene Entfernung fortgeschafften Last betrachtet. In dem hier vorausgesetzten Falle aber ist Geschwindigkeit ein unumgänglich nöthiges Element, und Dampf hat daher den großen Vorzug vor Pferdekraft, da seine vortheilhafteste Geschwindigkeit diejenige ist, die für alle Zwecke der Fortschaffung von Reisenden oder von Gütern paßt. Vergleicht man die Wirkungen des Dampfes mit Pferdekraft bei einer minder schnellen Bewegung, so werden auch hier die Vortheile einer Dampfkraft, doch minder auffallend, hervortreten. Ein Lastwagen mit 8 Pferden ist gewöhnlich 8 Tonnen schwer und legt 2½ engl. Meilen in einer Stunde zurück, so daß jedes Pferd täglich 20 engl. Meilen macht. Starke Pferde können auf diese Weise täglich 8 Stunden reisen, und so macht jedes Pferd täglich 20 Meilen. Man kann daher die Leistung jedes Pferdes 20 Tonnen, eine Meile weit fortgeschafft, gleichstellen, und da seine Leistung auf einer Eisenbahn zwanzigmal so viel beträgt, so kann man sie zu 400 Tonnen, täglich eine Meile weit fortgeschafft, rechnen. Ein auf diese Weise arbeitendes Pferd leistet daher fünfmal so viel, als ein Pferd, das 10 Meilen in einer Stunde zurücklegt, da dieses nur 4 Tonnen täglich eine Meile weit auf einer guten Heerstraße, oder 80 Tonnen auf einer Eisenbahn fortschafft. Dies giebt nun das Verhältniß der Leistung von Pferden, die Wagen ziehen, zu der Leistung eines Dampfwagens. Sind 2 Pfund Kohlen der Leistung eines Pferdes vor einer Postkutsche und 40 Pfund Kohlen auf einer Eisenbahn, bei einer Geschwindigkeit von 10 Meilen in einer Stunde gleich, so folgt, daß 10 Pfund so viel leisten als ein Pfund auf einer Heerstraße, und 200 Pfund auf einer Eisenbahn, bei einer Geschwindigkeit von 2½ Meilen in einer Stunde.

Da nun ein Dampfwagen das Tagewerk von 7500 Postkutschen-Pferden verrichten kann, so folgt, daß er so viel als 1500 Frachtwagenpferde leistet.

Man darf nicht vergessen, daß diese Ergebnisse in einzelnen Fällen Veränderungen erleiden, und nur Berechnungen im Durchschnitte sind. Verschiedene Dampfmaschinen, wie verschiedene Pferde, sind ungleich in ihren Leistungen, und da die Straßen, auf welchen Pferde ziehen, nicht von gleicher Vollkommenheit sind und verschiedene Unebenheiten haben, so muß die Leistung der Pferdekraft verschieden ausfallen.

Auch bei der praktischen Vergleichung der Ergebnisse einer so mächtigen Kraft, als der auf Eisenbahnen gebrauchte Dampf gewährt, mit der geringen Kraft der Pferde auf Heerstraßen, ist zu erwägen, daß die große Vertheilung der Ladungen und der häufige Aufenthalt unterwegs zu Gunsten der Pferdeleistung sind, insofern es häufiger sich zutragen möchte, daß Dampfwagen, die ungeheure Lasten fortzuschaffen vermögen, bei geringern Ladungen Aufenthalt finden würden, als es bei der Anwendung von Pferden der Fall sein kann, wo kleine Ladungen in kurzen Zwischenräumen aufgehalten werden können. Dies ist in der That eine praktische Schwierigkeit, die bei dem Gebrauche von Dampfwagen auf Eisenbahnen eintritt, und die vielleicht für jetzt die Anwendung derselben bloß auf Strecken beschränken wird, welche Stücke von lebhaftem Verkehr verbinden.

Die auffallendste Wirkung der Dampfkraft auf Eisenbahnen zeigt sich in der außerordentlichen Geschwindigkeit, welche sich dadurch erreichen läßt, und ist um so merkwürdiger, als dieser Vortheil nie vorausgesehen wurde, bis die Erfahrung ihn bewies. Wir haben bereits erwähnt, daß man bei der Anlegung der Bahn zwischen Liverpool und Manchester hauptsächlich auf die Fortschaffung schwerer Güter rechnete, und gar nicht erwartete, aus dem Personenverkehr den größten Gewinn zu ziehen. Die Berechnungen für künftige Pläne werden sich nach diesen Erfahrungen wesentlich ändern, und ein lebhafter Personenverkehr wird als eine nothwendige Bedingung für das Gedeihen einer solchen Unternehmung betrachtet werden.

Bringt man diesen Vortheil der Schnelligkeit in Anschlag, so läßt sich Pferdekraft gar nicht mit Dampfkraft auf Eisenbahnen vergleichen. Aus den bereits erwähnten Versuchen geht hervor, daß eine Dampfmaschine 90 Tonnen gegen 20 engl. Meilen weit, in einer Stunde ziehen kann und das Doppelte dieser Last zwischen Liverpool und Manchester in ungefähr 3 Stunden. Es würden 270 Pferde nöthig sein, dieselbe Last auf gleiche Entfernung in einem Tage auf Frachtwagen fortzuschaffen.

Es läßt sich zwar dagegen einwenden, daß jener Versuch unter günstigen Umständen angestellt und bei den schwierigen Punkten der Steigung Hülfswagen gebraucht wurden; aber auf einer gewöhnlichen Fracht, bei der Fortschaffung von Waaren, wo größere Schnelligkeit nicht verlangt wird, ist das Verhältniß der Bewegung nicht geringer als 15 Meilen in einer Stunde. Bei Wagenzügen mit Personen ist der Schnelligkeit besonders der Aufenthalt entgegen, der auf der Bahn entsteht, wenn Reisende einsteigen oder absteigen. Es giebt auf der Eisenbahn zwischen

Liverpool und Manchester jetzt zwei Arten von Dampfwagen, von welchen einer nur einmal auf halbem Wege einige Minuten lang Halt macht. Diese Wagen legen 30 englische Meilen in anderthalb Stunden und zuweilen in einer Stunde und 10 Minuten zurück. Auf dem ebenen Theile der Bahn ist die gewöhnliche Geschwindigkeit 27 Meilen in einer Stunde, und ich habe zuweilen gesehen, daß gegen 30 Meilen in einer Stunde zurückgelegt wurden. Diese Geschwindigkeiten aber, die durch die gewöhnliche Thätigkeit der Dampfmaschinen bei der Fortschaffung von Reisenden und Gütern erlangt werden, sind weit unter der Leistungskraft der jetzigen Dampfwagen, was die Schnelligkeit der Dampfwagen betrifft. Einige Versuchfahrten, bei welchen die Dampfwagen eine geringere Last hatten, zeigten, daß eine bedeutende Vermehrung der Geschwindigkeit ganz ausführbar sei. Bei einem dieser Versuche zog die Dampfmaschine einen Wagen mit 36 Personen 48 engl. Meilen weit in einer Stunde, und ich glaube, eine Maschine, die bloß ihr eigenes Gewicht fortzuschaffen hätte, würde 15 Meilen in 15 Minuten zurücklegen.

Aber warum hat man Dampfmaschinen, wenn sie hinsichtlich der Geschwindigkeit so viel zu leisten vermögen, nicht auf der Eisenbahn angewendet, wo die Geschwindigkeit jetzt im Durchschnitte nicht über 25 Meilen in einer Stunde beträgt? Die Antwort ist, daß der Weg von 30 Meilen zwischen Liverpool und Manchester in 1 $^1/_2$ Stunden zurückgelegt wird, und täglich 10 Wagenzüge zwischen beiden Städten gehen, und überdieß täglich 3 mal die Postkutsche. Eine größere Geschwindigkeit würde auf einem so kurzen Wege ganz unnöthig sein. Wenn aber erst längere Bahnlinien vollendet sein werden, müssen sich die Umstände ändern und wird besonders die Fortschaffung von Postkutschen die Aufmerksamkeit auf sich ziehen. Volle Reisewagen, wie sie gewöhnlich auf der Bahn von Liverpool und Manchester gehen, sind gegen 50 Tonnen schwer, bei einer leichten Ladung aber werden leichter und schneller fahrende Dampfwagen gebraucht werden können. Die Fortschaffungskosten würden bei einer solchen Maschine zwar höher steigen, aber die größere Schnelligkeit würde reichlichen Ersatz dafür geben.

Sechstes Capitel.

Von den zum Transport auf Eisenbahnen angewendeten Wagen. *

Eisenbahnwagen müssen eine solche Einrichtung haben, daß sie sich mit gleicher Leichtigkeit vor- oder rückwärts bewegen lassen; der vordere und der hintere Theil der Wagen müssen einander ähnlich sein, und außerdem müssen sie kein bewegliches Vordergestell haben, wie es bei dem gewöhnlichen Fuhrwerk der Fall ist, weil dieser bewegliche Theil zu leicht aus der Bahn springen würde. Daß sie nicht wie gewöhnliche Wagen umgedreht werden können, muß aus der Einrichtung der Bahn deutlich werden. Die Kästen müssen auf zwei parallelen und durch ein ganz unnachgiebiges Gestell verbundenen Axen aufruhen, damit die Räder nicht bei dem geringsten Hinderniß, auf welches sie stoßen, aus der Bahn zu weichen streben. Endlich muß die Bewegung der Räder genau in einer senkrechten Ebene erfolgen, da jede schwankende Bewegung um die Axe dazu beitragen würde, den Wagen aus der Bahn zu bringen. Es müssen daher die Räder auf der Axe festgemacht sein und letztere muß sich mit ihnen umdrehen, statt daß bei gewöhnlichen Fuhrwerken die Axe befestigt ist und die Räder sich um dieselbe drehen. Diese Betrachtungen deuten schon an, daß die Wagen einen besondern Widerstand erfahren müssen, wenn sie sich in krummen Linien bewegen, weil ihre Axen parallel zu einander bleiben und die beiden an derselben Axe befestigten Räder immer ganz gleiche Umdrehungsgeschwindigkeiten haben müssen.

Seit dem Beginn des Verkehrs auf der Liverpool-Manchester Eisenbahn, sind auch bei den Eisenbahn-Lastwagen bedeutende Verbesserungen gemacht worden, so daß der Widerstand der Last beinahe um $^1/_3$ vermindert worden ist. Wir beschreiben hier nur die neuern und bessern Wagen, indem die ältern nur noch beim Steinkohlentransport angewendet werden. Die Verbesserungen bestehen:

1) In Anwendung von Druckfedern, welche den Kasten des Wagens unterstützen, die Last gleichmäßig auf alle Räder vertheilen, alle Stöße auffangen und dieselben für die Axen und Räder sowohl, als für die Bahn unschädlich machen, endlich den Radaxen, mit denen sie verbunden sind, eine geringe Abweichung von ihrer parallelen Lage gestatten, wenn der Wagen durch Krümmungen der Eisenbahn läuft, wodurch die Seitenreibung in denselben sehr vermindert wird.

2) In Anbringung der Last auf den verlängerten Axen außerhalb der Räder. Diese Verlängerungen oder Zapfen der Axen sind weit schwächer als diese, und hierin beruht eine große Kraftersparung, da der Reibungswiderstand von dem Verhältniß des Raddurchmessers zu dem des Zapfens abhängig ist, und sich in gleichem Maaße mit dem des letztern vermindert. So lange die Räder aber auf den äußersten Enden der Axen saßen, konnten die in den Büchsen sich drehenden Theile nicht geschwächt werden, ohne die Axe dem Zerbrechen zu sehr auszusetzen; dieses wurde erst zuläßig, als die Büchsen außerhalb den Rädern angebracht wurden. Noch ein anderer, nicht minder wichtiger Vortheil ist durch diese Anordnung erzielt worden; es ist

* Henz in den Verhandlungen des Preußischen Gewerbvereins, 1835, 208 ꝛc. Egen, das. S. 180 ꝛc. Mein Handbuch über die Anlage von Eisenbahnen, S. 132 ꝛc. v. Oeynhausen und v. Dechen in Karstens Archiv, 1. Reihe, XIX, S. 60 ꝛc.

die leichte und sichere Art des Schmierens der Axen, was bei der frühern Anordnung, wo die Büchsen unter dem Wagenkasten versteckt lagen, viel Zeit erforderte, bei dem Mangel eines Reservoirs häufig wiederholt werden mußte, und immer einen bedeutenden Oelverlust zur Folge hatte.

3) In Anwendung von gewalzten eisernen Bändern auf den gußeisernen Rädern derjenigen Wagen, welche mit großen Geschwindigkeiten auf der Bahn fahren sollen, wodurch die Gefahr des Zerbrechens fast gänzlich beseitigt und eine genauere Kreisform erzielt wird, da die Bahnen dieser Räder abgedreht werden können.

4) Daß die Enden oder Zapfen der Axen, nachdem sie genau abgedreht worden sind, eingesetzt werden, wodurch die Oberfläche stahlhart, also dem Angriff wenig ausgesetzt ist und eine regelmäßige Bewegung erhält.

Die übrige Einrichtung der Wagen ist, ihrem Zweck entsprechend, sehr verschieden, je nachdem sie zum Transport von Personen, Vieh, Kaufmannsgütern, Kohlen u. s. w. angewendet werden sollen. Die beiden gebräuchlichsten Arten der Transportwagen sind auf der Doppeltafel XLIX u. L, in den Fig. 4 bis 8 dargestellt. Auf ersteren werden die gewöhnlichen Ladungen sowohl in Ballen, Säcken, Kisten und Fässern, als unverpackt transportirt. Der 11 Fuß lange, 8 Fuß breite, 1½ Fuß hohe Kasten, bietet hinlänglichen Raum dar, um die gewöhnliche Ladung von 50 Centnern aufnehmen zu können. Die Seitenwände des Wagenkastens sind beweglich und können abgenommen werden, wenn die Transportgegenstände sich auf der unbegränzten Bodenplatte bequemer verpacken lassen. Bei schlechter Witterung wird die ganze Ladung mit einem wasserdicht gemachten leinenen Ueberwurf bedeckt. Die Ladung und Entladung dieser Wagen geschieht mittelst Krahnen in den Waarenhäusern, oder auf den Niederlagsplätzen, durch besonders dazu angestellte Arbeiter.

Für solche Güter, welche nicht in die Magazine gelangen, sondern gleich nach ihrer Ankunft von den Consumenten mit gewöhnlichem Landfuhrwerk abgeholt werden, sind auf der Liverpool-Manchester Bahn besondere Wagen eingerichtet, welche in Fig. 6 in der Seiten- und Fig. 7 in der Vorderansicht dargestellt sind. Dergleichen Güter (gewöhnlich Steinkohlen) werden in besonderen Kasten von 5½ Fuß Länge, 4 Fuß Breite und 2½ Fuß Höhe verladen, und je zwei derselben auf einen Bahnwagen gestellt. Zur Erleichterung des Auf- und Abbringens dieser Kästen ist jeder derselben mit vier kleinen eisernen Rädern versehen, deren Axen sich in Lagern drehen, welche unter den Langbäumen derselben angebolzt sind. Die Räder bewegen sich auf platten, mit einem nach außen vorspringenden Rand versehenen Schienen, die auf quer über das Gestell des Wagens gebolzte Balken genagelt sind. Für jeden Kasten sind zwei solche Schienen angebracht, welche zusammen eine kurze Eisenbahn, von der Gattung der Rinnenschienen, auf dem Transportwagen selbst bilden und gestatten, daß die Last mit großer Leichtigkeit auf den bestimmten Platz gebracht werden kann. — Um das Abgleiten dieser Kasten während der Fahrt zu verhindern, werden dieselben durch zwei, Fig. 7 dargestellte, Ueberwürfe festgehalten.

Wenn der Transportwagen mit beiden Kasten am Ort ihrer Bestimmung angekommen ist, wird jeder derselben

auf eine zweirädrige Karre gebracht, um auf gewöhnlichen Straßen zum Ort der Verwendung weiter befördert zu werden. Damit die Kasten schnell und leicht von dem Bahnenwagen auf die Karren Fig. 8 gebracht werden können, haben letztere eine besondere Einrichtung erhalten. Die Langbäume derselben sind ebenfalls mit eisernen Schienen versehen, welche in derselben Entfernung und in gleicher Höhe mit denen auf dem Transportwagen angebracht sind. Die hintern Enden der Karrenbäume werden mit dem Querbalken des Bahnenwagens in Verbindung gebracht, so daß das Stück Schienenweg auf demselben mit dem auf der Karre zusammentrifft, und beide zusammen eine geradlinige Bahn bilden. Die Ueberwürfe, welche den Kasten auf dem Bahnenwagen festhielten, werden nun gelöst, und der Kasten von demselben auf die Karre gerollt. Um das Aufkippen der letztern zu verhindern, wenn die Last auf das äußerste Ende der Langbäume gelangt, wird dieselbe durch den Bahnenwagen unterstützt, an welchem zu diesem Ende die eisernen Ruthenstücke a a angebolzt sind, in welchen zwei an den Langbäumen der Karre befestigte Zapfen b b eingreifen. Sobald der Kasten auf der Karre so weit fortgerollt ist, daß ein Gleichgewicht stattfindet, wird er auf derselben in gleicher Art, als auf dem Bahnenwagen, festgestellt und kann nun fortgefahren werden.

Ueber die zum Personentransport angewendeten Wagen läßt sich nur wenig sagen. Die Gestelle haben im Allgemeinen die Einrichtung der von den guten Lastwagen und die Kasten sind wie gewöhnliche Personenwagen, aber sehr verschiedenartig eingerichtet; die technischen Journale zeigen fortwährend Verbesserungen und Veränderungen, die daran gemacht werden.

Der Unterbau der verschiedenen Bahnenwagen ist im Allgemeinen derselbe, und es kann die folgende Beschreibung füglich für alle gelten. Die einzelnen Theile, welche hier in Betracht kommen, sind die Räder, Axen, Büchsen, Bremsen und Kuppelungen, wobei es zur Deutlichkeit dienlich sein wird, dieselben einzeln durchzunehmen.

1) Die Räder bestehen aus sehr gutem Gußeisen und haben gewöhnlich einen Durchmesser von 3 bis 4 Fuß, werden neuerlich aber auch weit höher gemacht. Die Felge ist 4 Zoll breit, und der Spurkranz springt 1 Zoll bis 13 Linien über derselben hervor. Bei den, wie es gewöhnlich der Fall ist, mit Reifen von gewalztem Eisen gebundenen Rädern, wie die Fig. 9 und 10 im größern Maaßstab darstellen, ist der gußeiserne Kranz a nur 4½ bis 5 Linien, das Band b dagegen an der schwächsten Stelle 14 Linien stark. Die Befestigung desselben geschieht auf die, schon im vorigen Capitel, bei der Beschreibung des Dampfwagens angegebene Weise.

Diejenigen Wagenräder, welche nicht auf diese Weise gebunden und für die langsamern Fahrten bestimmt sind, werden in der Felgenbahn hart gegossen, zu welchem Ende in die Form ein gußeiserner, ausgedrehter Ring gelegt wird, gegen welchen sich die Peripherie des Rades abschreckt. * Zur Vermeidung der durch ungleichförmige Erkaltung nach dem Guß entstehenden Spannung in den Rad-

* Man findet das Verfahren bei dem Gießen der Räder in Schalen beschrieben in Karsten's Archiv, 1. Reihe, S. 63 2c.

speichen, welche dieselben sehr dem Zerbrechen aussetzt, wird die Nabe nicht zusammenhängend, sondern in drei abgesonderten Theilen, zwischen welchen sich ein offener Raum von ¹/₂ Zoll Breite befindet, gegossen, so daß die Speichen dadurch den nöthigen Spielraum zu ihrer Zusammenziehung erhalten. Die Naben der Räder, welche gebunden werden, bestehen dagegen aus einem Stück, weil bei ihnen der Kranz nicht hart gegossen und auch so dünn gemacht wird, daß er bei der Contraction der Speichen genugsam nachgiebt. Jede Nabe erhält zwei schmiedeeiserne Bänder, welche im glühenden Zustand auf die besonders dazu angebrachten Absätze getrieben werden, und durch ihre Zusammenziehung bei der Erkaltung dieselbe sehr fest umschließen, so daß bei Aufkeilung der Räder auf die Axen die Gefahr des Springens der Naben sehr vermindert wird.

Die Speichen werden in sehr verschiedenen Querschnitten geformt; die Figuren 11, 12 u. 13, Taf. XLIX und L zeigen drei der gebräuchlichsten Arten, aus welchen ersichtlich ist, daß die Formen so gewählt sind, um mit dem wenigsten Material die größt-möglichste Stärke zu erreichen.

Häufig wird jetzt eine Art Räder angewendet, welche gar keine Speichen haben, deren Stelle durch eine den ganzen Raum zwischen der Nabe und dem Kranz ausfüllende dünne, durch vorspringende Rippen in der Richtung des Halbmessers verstärkte Platte vertreten wird, die mit dem Körper des Rades in einem Stück gegossen ist.

2) Die Axen werden entweder aus mehreren Stangen von Schmiedeeisen zusammengeschweißt und dann ausgeschmiedet, oder was jetzt gebräuchlicher und viel wohlfeiler ist, aber auch weniger Dauer gewährt, auf Walzwerken in der vorgeschriebenen Stärke und Form ausgewalzt. Nachdem die Axen auf das vorgeschriebene Maaß abgeschnitten sind, werden beide Enden in der Form abgedreht, welche Fig. 10 im Längendurchschnitt zeigt; der Theil der Axe, welcher in die Oeffnung der Nabe eingebracht wird, erhält dabei einen Durchmesser von 2 Zoll 10 Linien, der vorspringende Zapfen, welcher sich in der Büchse dreht, von 1 Zoll 9¹/₂ bis 10 Linien, und der Knopf am äußersten Ende von 2 Zoll und 3 Linien. Die vorspringenden und abgedrehten Zapfen der Axen werden hiernächst eingesetzt, was in gewöhnlicher Art durch eine Glühung in Leder, Kuhhaaren rc. und Salz in einer verschlossenen Büchse, und darauf folgender Ablöschung in Wasser, geschieht. Dadurch erhält die Oberfläche einen zwar dünnen, aber glasharten Ueberzug, welcher dem Angriff der Reibung lange widersteht, wenn die Zapfen immer gehörig in Schmiere gehalten werden.

Die Räder werden immer fest mit den Axen verbunden, weshalb zunächst die Löcher der Naben in einer solchen Weite nachgebohrt werden, daß der abgedrehte Theil der Axe, welcher darin befestigt werden soll, nur mit Gewalt eingetrieben werden kann. Die endliche Verbindung geschieht dann mittelst Eintreibung eines runden, sehr wenig verjüngten, Bolzens in ein passendes Loch, welches zwischen Axe und Nabe eingebohrt ist, so daß der Schlüssel halb in der Höhlung der Nabe, halb in der Axe sich befindet. Bei den Rädern mit hart gegossener Bahn, deren Naben aus drei Stücken bestehen, werden vor Eintreibung der Axe die

Zwischenräume derselben mit drei genau passenden Eisenstücken und Kitt ausgefüllt.

Diese Befestigungsart bietet bedeutende Vortheile vor der früher üblichen dar, bei welcher die Enden der Axen viereckig bearbeitet, in eben solche Löcher der Naben eingetrieben und durch einen quer durchgeschlagenen Bolzen gehalten wurden. Einmal ist ein viel genaueres und leichteres Einpassen möglich, wenn Axen und Löcher ab- und ausgedreht sind; das genaue Rundlaufen der Räder aber ist beinahe nur in dieser Art zu erreichen, und viel leichter kann ein altes zerbrochenes Rad von der Axe und ein neues auf dieselbe gebracht werden.

3) Büchsen oder Axenlager bestehen aus einem Ober- und einem Untertheile von Gußeisen, welche zusammengesetzt Fig. 14 in der Seitenansicht, und Fig. 15 in der Vorderansicht gezeigt sind. Der obere Theil enthält eine halbrund ausgedrehte messingene Büchse, Fig. 20, welche auf dem Zapfen der Axe ruht, in welcher sich derselbe dreht. Diese Büchse paßt mit ihrer kantig geformten Oberfläche in eine entsprechende Vertiefung des obern Lagers, wodurch sie verhindert wird, sich mit der Axe umzudrehen, und damit sie sich auch nicht seitwärts herausschieben kann, sind die beiden Vorsprünge C C, Fig. 20 angegossen, welche ebenfalls in passende Vertiefungen eingreifen. Fig. 21 zeigt die Unteransicht eines Lagers ohne die Büchse, und Figur 19 die mit der Büchse. Die obere Ansicht Figur 17 dieses Lagers zeigt in der Mitte eine viereckige Vertiefung zur Aufnahme der Schmiere, welche durch das im Boden befindliche, durch die messingene Büchse fortgesetzte, runde Schmierloch der Axe mitgetheilt wird. Auf beiden Seiten dieser Schmierbüchse sind zwei schmale Einschnitte angebracht, in welche die Untertheile der die Feder umgebenden und haltenden Bügel eingreifen. Durch die aufliegenden Federn wird der Schmierbehälter, wie Fig. 14 zeigt, nicht ganz bedeckt; der weiter vorspringende Theil wird durch eine schräge Klappe verschlossen, die sich öffnen läßt, wenn neuer Vorrath von Schmiere in den Behälter eingebracht werden soll. Zur Vermeidung des Verlustes an Schmiere, welche von der untern Fläche des Axenzapfens abtröpfeln würde, ist die untere Büchse angebracht, welche Fig. 16 in der Unter-, und Fig. 17 in der Oberansicht zeigt. Die Axe wird von der Höhlung dieser untern Büchsenhälfte nicht erreicht, so daß auch keine Reibung zwischen beiden stattfindet. Letztere nimmt nur das abträufelnde Fett auf, welches, sobald es sich ansammelt, der Axe wieder mitgetheilt wird. Zur Abhaltung des Staubes und Schmutzes von den reibenden Theilen der Axe, ist die Büchse hinten und vorn geschlossen, vorn durch das Uebergreifen der Stirnfläche des obern Lagers Fig. 14 und 15, hinten durch zwei verbundene halbkreisförmige Büchsen, welche sich mit ihren Vorderflächen an das Ober- und Unterlager anschließen und hinten über den vorspringenden Theil der Nabe greifen. Diese Büchsen haben zugleich den Zweck, die Schmiere, welche dem Rad zugekehrt von der Axe abtröpfelt, aufzufangen und derselben wieder durch einen Schmierring (eine kreisförmige blecherne Scheibe, welche auf die Axe geschoben wird, und sich mit dieser in der Büchse dreht), mitzutheilen.

4) Die Druckfedern, von denen jede aus neun auf einander gelegten, in der Mitte durch einen Bolzen

verbundenen Stahlblättern von $3^1/_3$ Linien Stärke und $2^1/_4$ Zoll Breite besteht, sind 3 Fuß lang, 4 Zoll aufwärts gebogen, und werden durch zwei Bügel umfaßt, vermittelst welcher sie fest mit dem Obertheil des Zapfenlagers vereinigt werden.

Jeder der erwähnten beiden Bügel endigt, wie Fig. 22 zeigt, unter einem Bolzen, der durch die Höhlung des Lagers gesteckt, unter demselben, mittelst einer Schraubenmutter fest angezogen werden kann. Dieselben Bolzen dienen auch zur Verbindung der untern Büchse mit der obern, indem die Verlängerungen derselben (von kleinerm Durchmesser) durch die zutreffenden Löcher der untern Büchse gesteckt und diese durch vorgeschraubte Muttern in ihrer Lage erhalten wird. Die aufgebogenen Enden der Federn tragen den Rahmen, auf welchem der Wagenkasten erbaut ist; wobei die berührten Holzflächen durch untergelegte Eisenplatten gegen den Angriff der Federn gesichert werden. Die Platten sind auf beiden Seiten der Langbäume, die die Fig. 4 und 5 zeigen, niedergebogen, so daß die Federn von den dadurch gebildeten Scheiden eingeschlossen und in beständig paralleler Lage mit der Längenaxe des Wagens gehalten werden. Die Verbindung der Büchsen und Axen mit dem Körper des Wagens wird aber erst durch die Fig. 4—7 mit 6 bezeichneten 23 Büchsenträger bewerkstelligt. Dies sind Platten von $^1/_2$ Zoll starkem Eisen, welche mit ihrem $1^1/_4$ Fuß breiten Obertheil durch vier Schraubenbolzen an der äußern Seite der Langbäume befestigt werden. Der untere Theil dieser Platten ist mit einem $2^1/_2$ Zoll breiten, unten offenen vertikalen Ausschnitt versehen, in welchem die Büchse sich mit ihrer Leitung d, d, Fig. 14 und 21 auf und nieder bewegen kann, wenn die Federn beim Fortrollen des Wagens in Schwingung gerathen. Die untern freistehenden Blätter des Büchsenhalters werden, zur Vermeidung von Biegungen, durch einen beweglichen Quersteg mit einander verbunden, so daß die Axenlager niemals die Leitung desselben verlieren können.

5) Zur Aufhaltung eines Wagenzuges auf einem gewissen Punkt, oder zur Aufhebung der Beschleunigung beim Niedergang desselben, auf so stark geneigten Bahnenstrecken, wo die Wagen durch ihr eigenes Gewicht abwärts gehen, bedient man sich der Bremsen. Die Einrichtung derselben ist im Allgemeinen dieselbe, und besteht darin, daß mittelst einer Hebelverbindung weiche Holzstücke fest gegen die Bahn der Wagenräder gedrückt werden, wodurch eine Reibung veranlaßt wird, welche die Umdrehung dieser Räder zum Theil verhindert. Hieraus entsteht ein Gleiten derselben auf den Schienen der Bahn, mithin eine starke Reibung, welche auf eine Verzögerung in der Bewegung des Zuges wirkt. Werden z. B. an einem mit der Ladung 60 Centner schweren vierrädrigen Lastwagen zwei Räder der Art gebremst, daß sie nur noch die halbe Drehung der ungebremsten machen, so ist die Reibung $\left(\frac{1}{2} \cdot \frac{60}{2}\right) \frac{1}{6}$ Centner, oder der dadurch hervorgebrachte Widerstand ist = 275 Pfund. Eine Bremse, die sehr kräftig wirkt, wie sie gewöhnlich bei den Passagierwagen angebracht wird, haben wir im vorigen Capitel bei dem Munitionswagen beschrieben. Diese Art Bremsen wirken gleichzeitig auf die Vorder- und Hinterräder und werden durch Schrauben gestellt.

Bei den Güterwagen, welche nicht mit der Schnelligkeit der Personentransporte fahren, werden nur einfache Bremsen angewendet, wie Fig. 4 eine derselben zeigt. Der an einem Winkelhebel gebolzte Holzklotz drückt nur gegen die Felge eines Rades, wenn der lange Hebelarm durch den Führer niedergedrückt und durch einen Vorsteckbolzen in dieser Lage erhalten wird. Wenn die Bremse nicht weiter wirken soll, wird der Vorsteckbolzen ausgezogen, der lange Hebelarm so hoch gehoben, bis das Rad nicht mehr vom Holz berührt wird, und mittelst des Vorsteckbolzens an einem höhern Punkt der durchlöcherten Scheide e e, Fig. 4, festgehalten.

6) Verkuppelungen. Die Verbindung der einzelnen Wagen, welche einen Zug bilden, mit einander, geschieht in der Regel durch kurze, in einen Haken endigende Ketten, von welchen jede an dem hintern Ende der Zugstange befestigt ist. Der Haken am Ende der Kette wird, wenn zwei Wagen zusammen gekuppelt werden sollen, in ein am hintern Ende der Zugstange des folgenden Wagens befindliches Loch eingeschlagen, so daß jeder Wagen durch die vorhergehenden gezogen wird, und ein aus Verbindungsstangen und Ketten bestehender eiserner Zugstrang ununterbrochen durch die ganze Wagenreihe läuft. Beim Stillstehen der Maschine setzen die hintern Wagen ihre Bewegung noch fort, und stoßen desto stärker auf die andern, je mehr Geschwindigkeit der Zug vorher hatte. Der dadurch entstehende Stoß könnte nun sehr nachtheilig auf den ganzen Verband des Wagens wirken, wenn er nicht aufgefangen und unschädlich gemacht würde. Dieses Auffangen geschieht durch die über das Wagengestell hinaus verlängerten Langbäume, welche bei allen Wagen desselben Zuges genau in einerlei Höhe und Entfernung liegen, so daß die Stirnflächen gerade auf einander passen. Die Enden dieser Langbäume sind mit eisernen Bändern umgeben, um das Aufspalten des Holzes zu vermeiden; bei den Personenwagen sind dieselben außerdem noch auf der Stirn polsterartig verlängert, wodurch die Stöße noch wirkungsloser gemacht werden.

Ein für den Verband nicht minder nachtheiliger Ruck entsteht beim Anlassen der Maschine, indem die schlaff herunterhängenden Verbindungsketten plötzlich angezogen werden. Die dadurch den Wagen mitgetheilte Erschütterung hat man damit unschädlich zu machen gewußt, daß der Angriffspunkt der Verkuppelungskette mit einer Feder in Verbindung gebracht wird. Bei den Personenwagen ist diese Feder gewöhnlich unter der Mitte des Wagens angebracht, und mit derselben sind verschiedene Hebel verbunden, so daß dieselbe nicht nur den Ruck beim Anziehen, sondern auch den Stoß beim Zusammenfahren auffängt, und die den Wagen schädlichen, den Reisenden unangenehmen Erschütterungen ermäßigt.

7) Die Wagen zum Erdtransport. Mit großem Vortheil werden schon beim Bau der Eisenbahnen die Transporte der Erde und Baumaterialien auf fliegenden Eisenbahnen bewerkstelligt. Die zu den Erdtransporten dienenden Wagen werden in sehr verschiedener Art construirt, kommen aber größtentheils darin überein, daß sie niedrige Räder haben, um das Beladen derselben zu erleichtern, und daß der Kasten derselben zum Auskippen eingerichtet ist, um den Inhalt leicht ausstürzen zu können.

Die Fig. 23 zeigt einen solchen Wagen im Längenprofil. Der Kasten besteht aus einem hölzernen Gestell mit Boden und Seitenwänden von starkem Eisenblech. Die vordere schmale Wand ist beweglich und wird während der Beladung und des Transports verschlossen gehalten, und geöffnet, wenn der Wagen entladen werden soll.

Unter dem Rahmen, auf welchem der Kasten gebauet ist, befinden sich zwei Längenbalken, an welche vier Axenlager geschraubt sind; die der Vorderräder sind mit einem Untertheil versehen, so daß die Axe ganz davon umschlossen ist und den Drehpunkt des Wagens bildet, die hintern Lager sind dagegen unten offen, und liegen ganz frei auf der Radaxe, so daß sie sich ohne weitere Vorbereitungen ausheben lassen, wenn der Kasten aufgekippt werden soll. Die beiden Axen, welche auf gewöhnliche Art in den Naben der Räder festsitzen, sind durch zwei Zugbäume mit einander verbunden, die an den Enden mit Ueberwürfen versehen sind, welche die Axen umfassen, und in welchen sie sich drehen. — Zum Kohlentransport werden häufig ähnliche, jedoch auf den Axen festliegende Kasten angewendet (Karsten's Archiv, 1 Reihe, Bd. 19, S. 60 2c.).

8) Mittel zum Auf- und Abladen. Da die Zahl der Wagen auf einer Eisenbahn immer beschränkt ist und eine richtige Vertheilung der Wagenzüge an den Auf- und Abladestellen immer ihre Schwierigkeiten hat, so ist es von großer Wichtigkeit, daß die Waaren 2c. sehr rasch sowohl auf- als abgeladen werden können, damit die Wagen so wenig als möglich an denjenigen Punkten still stehen, wo sie nichts zu leisten vermögen. Um dieses Resultat zu erlangen, müssen die Waaren 2c.

1) so leicht als möglich auf- und abzuladen sein;

2) in großen Quantitäten versendet werden können, um nicht verschiedene Arten von Wagen, wie sie sich für jede besondere Art der Waaren eignen, herbeischaffen zu müssen;

3) müssen die Auf- und Abladestellen mit zweckmäßigen Maschinen versehen sein, um diese beiden Operationen zu erleichtern. Jedoch können wir uns hier auf die specielle Beschreibung von solchen Vorrichtungen nicht einlassen.

Siebentes Capitel.

Von der Bewegung der Fuhrwerke auf Abhängen durch die Schwere.*

Die beladenen Fuhrwerke, welche einen Abhang oder eine Rampe hinunter rollen, können, wenn der Abhang stark genug ist, zugleich andere leere Wagen heraufziehen. Diese Anordnung, welche auf der Doppeltafel LI und LII, Fig. 1 und 2, dargestellt worden ist, nennen die Engländer self-acting oder selbstwirkende Ebene.

In diesem Fall legt man entweder:

1) in die untere Hälfte des Abhanges eine Bahn, oder

2) zwei Bahnen in die Mitte, zum Ausweichen der Wagen, oder

3) zwei Bahnen oben, und eine gemeinschaftliche Bahn in die Mitte, oder

4) auf kurze Strecken oben und unten zwei Bahnen.

Die Bewegung wird durch ein großes Seil, oder auch zuweilen durch eine Kette mitgetheilt, die ein wenig länger als der Abhang ist. An die Enden des Seils oder der Kette werden die hinab- und hinauffahrenden Wagen gehängt. Das Seil, oder die Kette, läuft auf Rollen, und wickelt sich auf eine horizontale oder verticale Trommel oberhalb auf. Besser ist es, wenn man es über eine große gußeiserne Rolle mit tiefen Rinnen gehen läßt, die, beinahe horizontal, in einiger Entfernung von dem Gipfelpunkte, unter dem Boden liegt. Diese Rolle, ein wenig in die entgegengesetzte Lage des Abhanges geneigt, wird durch zwei hölzerne Lager getragen. Sie bewegt sich in einer ummauerten Höhlung unter dem Boden, die mit starken Balken bedeckt ist, über welche die Straßenschienen hergehen, wie bei D, Fig. 1 und 2, angedeutet. Die Rolle hat 5½ bis 15½ Fuß, ihre Axe 3 bis 5½ Zoll im Durchmesser.

Befinden sich die beladenen Wagen oben auf der Bahn, links, so sind die leeren Wagen unten. Die beladenen Wagen ziehen alsdann das Seil hinab, und zwar auf der geraden Bahn. Die Radlenker verschließen die Bahn links (Fig. 2). Durch Menschen, oder auch bloß dadurch, daß sie auf die Speichen der Räder steigen, werden die beladenen Wagen erst in Bewegung gebracht, worauf dann die Schwere sie weiter treibt. Die hinauf- und die hinabfahrenden Wagen langen gleichzeitig bei der doppelten Bahn in der Mitte an. Die beladenen Wagen gehen auf der Bahn links weiter; aber die leeren Wagen werden durch die Radlenker AB in die Bahn rechts getrieben, in welcher sie bleiben, bis sie oben anlangen. Die beladenen Wagen, nachdem sie den leeren begegnet sind, gehen in der einzelnen Bahn unterhalb weiter; im Vorbeifahren drängen sie die Radlenker bei AC so, daß sie die Bahn rechts verschließen, und langen nun unten an. In dem Augenblick, wo die Wagen oben und unten ankommen, wird das Seil von Menschen schnell losgehakt und die Wagen setzen ihren Lauf, mit der Geschwindigkeit, die sie erlangt haben, noch weiter fort. Durch Erfahrung findet man, wann das Loshaken geschehen muß, damit die Wagen da stehen bleiben, wo man es verlangt. Da nun jetzt das Seil auf der Bahn links sich befindet, so müssen die beladenen Wagen, oben auf der Plateform, nach der Bahn rechts gebracht werden, und die leeren Wagen steigen nun auf der Bahn links aufwärts; dieß ist nöthig, weil die Radlenker die Bahn rechts verschließen. So also fahren die Wagen hinab und herauf, abwechselnd auf dieser und jener Bahn.

* Nach Minard's Vorlesungen, S. 153 2c.

Wenn der Abhang oder das Uebergewicht so stark ist, daß die Bewegung der Wagen zu sehr beschleunigt werden würde, was besonders nach dem Endpunkte ihres Laufes hin der Fall ist, so mäßigt man die Geschwindigkeit vermittelst einer Bremse, oder Hemmung, welche die große Rolle umgiebt. Ist aber das Uebergewicht so groß, daß auch dann noch die Bewegung fortdauert, wenn die Rolle sich zu drehen aufhört, also das Seil in der Kehle derselben gleitet, so hemmt noch ein Arbeiter den hintersten Wagen. Auch kann man die Rampe verlängern, und unterhalb eine Gegenrampe anordnen. Das Gefälle der Rampe muß übrigens nicht gleichförmig, sondern oben stärker sein, als unten, um die bewegende Kraft auszugleichen, die das Gewicht des Seils, in dem Maaße, wie es sich weiter abwickelt, verstärkt. Auch kann man die Reibung noch dadurch verstärken, daß man das Seil mehr als ein halbmal die Rolle umgehen läßt, nämlich vermittelst einer oder zwei kleiner Rollen, welche die Richtung des Seils ändern, und an sich selbst die Reibung schon vermehren (Fig. 1). Aber diese Anordnung hat den Uebelstand, daß die Bewegung, am Anfange derselben, erschwert wird. Nachdem die Wagen unten angelangt sind, werden sie von der Schwere nicht mehr getrieben, ihre Geschwindigkeit wird also nicht weiter beschleunigt, sondern im Gegentheil verzögert durch das Seil, welches die Wagen mit sich fortziehen müssen. Die Geschwindigkeit der auf dem Gipfelpunkt angelangten leeren Wagen wird dagegen von der Schwere nicht mehr vermindert, und kann nur durch die Reibung der Räder vernichtet werden. Sie bewegen sich also schneller, als das Seil von ihnen und von den unten befindlichen, verzögerten Wagen fortgezogen wird. Eben so würde es sich verhalten, wenn man die Bewegung der hinabfahrenden Wagen durch Hemmen mäßigte. Das Seil muß sich also, unter den darüber hingehenden Wagen, schnell biegen und aufwickeln. Um Beschädigungen, die dabei vorkommen können, zu verhindern, befestigt man an den Enden des sehr dicken und steifen Seils Ketten von 32 bis 36 Fuß Länge; auch hat man mehrere Mittel, das Seil schnell los zu haken.

Die **selbstwirkenden Rampen** haben die sehr verschiedene Länge von 50 bis 300 Ruthen, und ihr Gefälle beträgt 1 auf 40, bis 1 auf 6. Sie können aus mehreren einzelnen Abhängen, in concaver oder convexer Form, zusammengesetzt werden; auch die horizontale Projection derselben kann krumm, oder aus einzelnen geraden Linien zusammengesetzt sein. So endigt sich, bei Sunderland in England, ein solcher Abhang in einen Bogen, dessen Halbmesser etwa 26 Ruthen lang sein mag, und man findet in England noch mehre Beispiele dieser Art.

Die **Rollen** (sheeves), welche das Seil zu tragen und zu lenken bestimmt sind, finden sich von verschiedener Gestalt. Einige haben enge Rinnen, andere sind Cylinder mit vorspringenden Rändern. Auch giebt es senkrecht stehende Cylinder und schief liegende Rollen, deren Axen dann nicht horizontal sind.

Alle diese Rollen, von Holz, oder von Gußeisen, bewegen sich um feste Axen von geschmiedetem Eisen, welche 7 bis 9 Linien im Durchmesser halten. Unter dem Seile haben die Rollen 7 bis 15 Zoll im Durchmesser, und sind 19 bis 25 Fuß von einander entfernt.

Die Rollen unter dem Seile dienen, die Reibung des Seils zu vermindern, und zu verhindern, daß sich dasselbe zu schnell abnutze; was geschehen würde, wenn man es auf der Erde sich fortschleppen ließe. Auch dienen sie, das Seil in der Mittellinie der Bahn zu halten und die bewegende Kraft da, wo die Bahn krumm ist, zu hindern, daß sie die Wagen zur Seite ziehn.

Die Rollen erleiden eine um so geringere Drehungs-Reibung, je größer der Durchmesser des Bodens ihrer Kehlen, gegen den Durchmesser der Axe ist. Da nun die Axe nicht dünner gemacht werden kann, als nöthig ist, um das Gewicht der Rolle und das eines 19 bis 25 Fuß langen Seils zu tragen, welches 50 bis 90 Pfund beträgt: so macht man den Durchmesser der Rollen so groß als möglich. Da sie aber weder die darüber hergehenden Wagen, noch den Boden berühren dürfen, so können sie nicht größer sein, als 15 bis 17 Zoll im Durchmesser, welches gewöhnlich die Höhe unter den Wagen ist. Man hat zwar versucht, um die Rollen größer machen zu können, den Boden auszuhöhlen und die Axen der Rollen tiefer zu legen; aber der kleine Graben für die Rollen füllt sich bald mit Wasser und Erde, und man muß dann die Rollen dagegen verwahren.

Die Seile sind wesentliche Theile des Mechanismus auf Bahnrampen. Ihr Durchmesser ist 1½ Zoll bis 2½ Zoll; ihr Gewicht beträgt 10 bis 24 Pfund auf die Ruthe Länge. Die Spannung der Seile beträgt 1000 bis 3500 Pfund. Die Reibung des Seils auf den Rollen muß nothwendig in Betracht gezogen werden. Berührte das Seil die Rolle nur in einem Punkte, so würde die Reibung der der Wagenräder auf den Schienen ähnlich sein. Aber wegen der nothwendigen Gestalt der Rolle, deren sämmtliche Punkte gleiche Winkelgeschwindigkeit haben, berührt es den Boden und die Ränder der Rolle zugleich, deren Geschwindigkeiten verschieden sind. Einige Theile des Seils reiben sich also zugleich auf die gewöhnliche Weise.

Es sind einige directe Versuche über die Reibung des Seils angestellt. Man ließ auf einem Bahn-Abhange leere Wagen hinabfahren, welche verschieden lange Seile fortgezogen. Wenn das Seil so lang war, daß die Geschwindigkeit beinahe gleichförmig wurde, so nahm man an, daß die Reibung des Seils und der Wagen der aus ihrem Gewichte in paralleler Richtung mit dem Abhang hervorgehenden, zusammengesetzten Kraft gleich sei. Und da nun die Reibung der Wagen bekannt war, so ließ sich danach die Reibung des Seils schätzen. Aber sie haben weder den Durchmesser des Seils, noch denjenigen der Axen und Rollen, noch das Gewicht derselben angegeben; auch wird man bemerken, daß jene Weise, die Reibung zu finden, voraussetzt, daß dieselbe viel stärker als die Geschwindigkeit zunahm, weil man annimmt, daß die Bewegung gleichförmig werde.

Durch Messung der Reibung am Umfange der Rollen, haben Versuche ergeben, daß die Reibung den 10ten oder 12ten Theil des Gewichts des Seils allein beträgt. Aber diese Reibung hängt auch noch von dem Gewichte der kleinen Rollen ab, welches man ohne große Fehler dem des Seils gleich setzen kann. Man muß also den doppelten Druck annehmen, und dann ergiebt sich nur der 20ste oder 24ste Theil der Last. Um diese Reibung auf den Umfang

der Rollenaxen zu übertragen, muß man sie mit 12, der gewöhnlichen Verhältnißzahl der Durchmesser der Rollen und ihrer Axen, multipliciren. Dieses giebt dann $^{3}/_{6}$, oder die Hälfte der Last.

Nach einer andern Schätzung beträgt die Reibung des Seils, am Umfange der Rollen gemessen, den 22sten Theil des Gewichts des Seils, ohne das der Rollen.

Nach diesen, von einander abweichenden Resultaten, die nur als Schätzungen zu betrachten sein dürften, wird man vielleicht annehmen können, daß der Widerstand des Seiles, mit Zubehör, an dem Umfange der kleinern Rollen gemessen, in der Richtung der Kraft, welche die Wagen fortzieht, den 36sten Theil des Gewichts des Seiles und der großen und kleinen Rollen beträgt, während der Durchmesser der Rollen ungefähr der 12fache Durchmesser ihrer Axen ist.

Das Seil zerreißt, wie wir schon im 1. Capitel bemerkten, öfters. Die herabfahrenden Wagen in solchen Fällen aufzuhalten, dient nur die Hemmung an den Rädern; die herauffahrenden Wagen hält man auf verschiedene Weise vom Zurückrollen ab. Nämlich:

1) befestigt man hinter dem letzten Wagen zwei Hölzer etwa 6 Fuß lang und 4 Zoll im Quadrat dick, unten mit eisernen Spitzen, die man den Wagen, wenn er hinauffährt, auf der Bahn nachschleppen läßt. Die Spitzen stemmen sich in den Boden, wenn der Wagen zurückrollen will.

2) Sind diese Hölzer zuweilen durch eiserne Stangen, in Form eines Andreas-Kreuzes, mit einander verbunden und bilden eine Art von Gestell, welches dem hintersten Wagen folgt.

3) Auf den Abhängen der unterirdischen Theile der Liverpooler Bahn, bedient man sich zweier starker hölzerner, mit plattem Eisen beschlagener, Keile. Sie haben die Gestalt des krummlinigen Winkels, zwischen den Rädern und den Bahnschienen, sind mit einander durch Querstücke verbunden, und bilden so eine Art Schlitten, der auf den Schienen gleitet und dem letzten Wagen folgt, an welchem er befestigt ist. So wie der Wagen zurück zu rollen strebt, hält ihn der Schlitten auf, indem sich die Keile desselben zwischen die Räder und die Bahnschienen klemmen, auf welchen sie dann nicht gleiten.

Achtes Capitel.

Von den feststehenden Dampfmaschinen und der Bewegung durch dieselben auf den Bahnrampen.

Um beladene Wagen eine Rampe hinauf zu ziehen, bedient man sich fast immer der Dampfkraft, und zwar gewöhnlich auf folgende Weise.

In geringer Entfernung vom Gipfel der Rampe ist eine Trommel, von $4^{3}/_{4}$ bis $12^{3}/_{4}$ Fuß im Durchmesser und nach Erforderniß der Länge des Seils etwa $4^{3}/_{4}$ Fuß lang, angebracht (Fig. 3 und 4, Taf. LI). Die Axe dieser Trommel liegt horizontal, und perpendiculair auf die Richtung der Schienen, und so hoch, daß die Wagen unter der Trommel hindurch fahren können. Die Trommel ist mit einem gezahnten Rade verbunden, in welches ein Getriebe greift, dessen Axe mit einem Schwungrade und einer Hemmung, durch die Kurbel einer Dampfmaschine umgedreht wird. Die Trommel kann sich auf ihrer cylindrischen Axe, von einem Ende bis zum andern, frei drehen, und parallel mit der Länge der Axe gleiten. Die Bewegung der Axe ist mittheilend, oder unabhängig, je nachdem die Zähne an dem einen oder dem andern Ende der Trommel eingreifen, oder nicht. Die Trommel wird auf der Axe durch einen Arbeiter vermittelst eines Hebels verschoben.

Wenn die Eisenbahn nur einfach ist, so ist sie auf der Rampe, nach Fig. 5 eingerichtet. Am Fuße des Abhanges befinden sich zwei Bahnen, auf welchen die Wagen stehen und sich kreuzen können; auf der Rampe selbst ist nur eine Bahn, und auf der Plateform des Gipfels, zwischen dem höchsten Punkte des Abhanges und der Maschine, befinden sich wieder zwei Bahnen, deren eine ein wenig in der Richtung des Abhanges geneigt, die andere horizontal ist (Figur 3 und 4). Befinden sich nun die beladenen Wagen, nebst dem einen Ende des Seils, unten, so hakt man solches in die Wagen; die Trommel wird angeschoben und die Dampfmaschine in Bewegung gesetzt. Die Trommel dreht sich um, wickelt das Seil auf und zieht die Wagen in die Höhe. Oben angelangt, hakt man das Seil los; die Wagen setzen ihre Bewegung auf der Plateform noch mit der erlangten Geschwindigkeit in der Bahn rechter Hand fort, und bleiben darauf dort, bis sie ihre Fahrt weiter verfolgen. Während die beladenen Wagen hinauffahren, sind die leeren Wagen bis unter die Trommel gebracht worden; von da werden sie mit den Händen auf die Plateform der Bahn linker Hand geschoben, welche, um die Bewegung der Wagen zu befördern, ein geringes Gefälle nach dem Abhange hin hat. So wie man das Seil von den beladenen, heraufgekommenen Wagen gelöset hat, hakt man es an die leeren Wagen. Man löset die Trommel und treibt die leeren Wagen nach dem Abhange hin. Die Schwere zieht sie fort, die Trommel dreht sich frei um die feste Axe, und die Wagen fahren hinunter und ziehen das Seil mit sich.

Wenn ein stärkerer Verkehr auf der Straße eine doppelte Bahn erfordert, so sind zwei Trommeln, für jede Bahn eine, vorhanden. Sie drehen sich in einerlei Richtung um; aber um die eine Trommel wickelt sich das Seil von oben, um die andere von unten. Die Anordnung der Schienen ist die nämliche, wie bei den selbstwirkenden Rampen (Fig. 6). Statt zweier Trommeln kann man auch, wie auf den selbstwirkenden Rampen, eine große Rolle machen, welche von der Dampfmaschine vermittelst Winkel-

räder in Bewegung gesetzt wird. Diese einfachere und wohlfeilere Einrichtung erfordert aber, daß die Reibung des Seils auf der Rolle stärker sei, als das Uebergewicht der beladenen Wagen über die leeren, weil sich sonst die Rolle drehen würde, ohne die Wagen und das Seil fortzuziehen.

Wenn das Gefälle des Bahnabhanges, oder das Gewicht der herabfahrenden Wagen so schwach ist, daß die Wagen nicht das Seil fortziehen können, so fügt man zu der obigen Anordnung noch eine große Rolle am Fuße des Abhanges hinzu, um welche ein zweites Seil läuft, dessen eines Ende an den hintersten herauffahrenden Wagen, das andere Ende an den vordersten leeren Wagen befestigt ist. Vermittelst dieses Seils zieht dann die Dampfmaschine zugleich auch die herabfahrenden Wagen fort; und zwar wechselseitig auf den beiden Bahnen (Fig. 7). Eine ähnliche Einrichtung findet man, um die beladenen und die leeren Wagen, zugleich oder abgesondert, auf den Bahn-Abhängen der Straße von St. Helens und des großen Tunnels von Liverpool in England (Fig. 8) herauf- oder herabzuziehen. Ein Seil ohne Ende, welches wir als von einem Punkt O ausgehend betrachten wollen, ist mitten auf eine der beiden Bahnen gelegt, geht unter der Erde und nach M fort, und umschließt bis K einen Theil der obern Kehle einer Rolle B mit zwei Rinnen von 9¹/₃ Fuß im Durchmesser. Von K läuft das Seil nach R, in die obere Rinne der Rolle C, welche zwei Rinnen von 6²/₃ Fuß im Durchmesser hat; von R läuft es nach S und darauf halb um die Rolle D, von gleichem Durchmesser, wie C. Von J kommt es, in den untern Rinnen der Rollen C und B, nach N und G zurück, diagonal seine erste Richtung kreuzend, umfängt die Rolle B, von G nach T, läuft über die Oberfläche des Bodens hin, folgt der Mittellinie der zweiten Bahn, geht unter die Erde am Fuße des Abhanges, kommt, nachdem es den halben Umfang HP der Rolle A, von 9¹/₃ Fuß Durchmesser, umgeben hat, wieder hervor, und gelangt so endlich wieder nach O. Dieses Seil, dessen Länge mit dem Feuchtigkeitsgrade der Luft und durch den Gebrauch veränderlich ist, wird durch ein Gegengewicht E, welches in eine Grube hinabsteigen kann, in stets gleicher Spannung erhalten. Vermittelst der verticalen Rolle U wirkt es auf den Mittelpunkt der Rolle D, die, auf einem Wagen befestigt, der auf den Schienen rollt, allen Verlängerungen und Verkürzungen des Seils folgt. Eine Dampfmaschine, auf dem Gipfel der Rampe, dreht die Rolle B vermittelst conischer Räderwerke um. Dadurch bekommt das Seil, dessen Reibung durch das beschriebene System von Rollen sehr vergrößert wird, eine stetige Bewegung, und zwar auf den beiden Bahnen in entgegengesetzter Richtung. Um einen Wagenzug herauf zu ziehen, dient ein anderes, kleineres Seil, dessen eines Ende an dem ersten herauffahrenden Wagen befestigt ist, während das andere, umgeben und stark gepreßt von dem großen Seile, daran durch die Reibung festhält und deshalb seiner Bewegung folgt.

Auf dem Bahn-Abhange des kleinen Tunnels bei Liverpool, welcher nur eine Bahn hat, werden die Personenwagen durch die nämliche Dampfmaschine heraufgezogen, welche am Fuße des Abhanges steht, und zwar vermittelst einer, oberhalb befestigten, zurücklenkenden Rolle. Wenn zwei Wagenzüge, einer nach dem andern, heraufgezogen

werden sollen, so wird das Ende des Seils, welches zuerst heraufgekommen ist, durch Pferde nach unten zurückgezogen. Wenn in der Linie einer Eisenbahn eine Anhöhe liegt, deren Gipfel schmal genug und deren Abhänge stark genug sind, daß die leeren Wagen das Seil hinabzuziehen vermögen: so ist nur eine, von einer Dampfmaschine in Bewegung zu setzende, Trommel nöthig. Hat die Straße in diesem Falle nur eine Bahn, so legt man zwei Bahnen, auf jede Seite der Anhöhe, am Fuße derselben, eine; auf die Abhänge selbst aber nur eine Bahn, und auf den Gipfel wieder zwei Bahnen, mit geringen Gefällen in entgegengesetzter Richtung. Befindet sich nun ein Wagenzug an dem einen Fuße der Anhöhe, wohin das Seilende hinabgezogen worden, so hakt man es an den ersten der heraufzuziehenden Wagen. Die Trommel wird eingeschoben, und man läßt die Dampfmaschine die Wagen heraufziehen. So wie dieselben oben angelangt sind, hält man die Maschine an und hakt das Seil los; die Wagen werden mit den Händen fortgeschoben und rollen nun, mit Hülfe des schwachen Gefälles auf dem Gipfel, leicht bis zum Anfange des andern Bahnabhanges fort. Während ihrer Bewegung dort hin, die mit geringer Geschwindigkeit erfolgt, hakt man das heraufgezogene Ende des Seils an den hintersten Wagen, löset die Trommel, und treibt vollends den Wagenzug nach dem Anfange des andern Abhanges, auf welchem nun die Wagen hinabrollen und das Seil mit sich fortziehen, welches sich von der frei auf der Welle sich drehenden Trommel abwickelt. Hat die Straße eine doppelte Bahn, so müssen zwei Trommeln vorhanden sein. Die Schienen werden dann auf den Abhängen so gelegt, wie in dem Falle, wenn die Abhänge selbstwirkend sind.

Man kann auch der Wirkung der Dampfmaschine diejenige des Gewichtes der hinabfahrenden Wagen zu Hülfe kommen lassen: auf die Weise, wie es z. B. auf der doppelten Bahn zu Brusselton in England geschieht. Einer der Bahnabhänge daselbst ist 422²/₃ Ruthen lang und hat 1 auf 33 Gefälle; der andere ist 200 Ruthen lang und hat 1 auf 30¹/₃ Gefälle; der Gipfel der Anhöhe ist ungefähr 26¹/₃ Ruthen lang. Am Fuße der Rampen und auf dem Gipfel befinden sich zwei Bahnen mit schwachem entgegengesetztem Gefälle (Fig. 9). Auf den Abhängen selbst ist die Bahn nur einfach. Die Bahn auf dem kürzern Abhange bildet beinahe einen Kreisbogen von etwa 207 Ruthen Halbmesser. Der längere Abhang, der nach den Bergwerken zu liegt, wird immer von beladenen Wagen erstiegen, und leere Wagen fahren denselben hinab. Auf dem kürzern Abhange verhält es sich umgekehrt. Zwei Trommeln, auf einer und derselben gußeisernen Axe von 9²/₃ Zoll Durchmesser unverschiebbar befestigt, werden durch eine Dampfmaschine von 60 Pferden Kraft, die in der Mitte des Gipfels steht, in Bewegung gesetzt. Die eine Trommel, 14 Fuß im Durchmesser, correspondirt mit dem längern, die andere, 6¹/₃ Fuß im Durchmesser, mit dem kürzern Abhange. Die Umfänge der Trommeln verhalten sich ungefähr, wie die Länge der Abhänge, damit die Wagen diese Länge in gleichen Zeiten durchlaufen können. Die Trommeln drehen sich nach einerlei Richtung um; aber während sich das Seil auf die eine aufwickelt, wickelt es sich von der andern ab. Die Geschwindigkeit kann vermittelst einer, mit den Trommeln concentrischer,

Hemmung, von 20$^{2}/_{3}$ Fuß im Durchmesser, ermäßigt werden. So wie nun ein Zug von 12 Wagen den einen Abhang ersteigt, fährt ein gleicher Zug von 12 andern Wagen den andern Abhang hinab. Wenn der zweite am Fuße des Abhanges angelangt ist, befindet sich der erste am Gipfel, in H. Von da treibt man ihn mit Hülfe des schwachen Gefälles der Bahn HB, und nachdem das große Seil abgehakt worden, leicht mit den Händen bis zu dem Punkt, wo er stehen bleibt. Nun wird das abgehakte große Seil an den hintersten der 12 leeren Wagen befestigt, die während der vorigen Bewegung in DE gestanden haben; das Ende des herabgezogenen kleinen Seiles aber wird an den vordersten der 12 andern leeren Wagen gehakt, welche hinaufgezogen werden sollen. Man schiebt den Wagenzug DE nach dem Anfange des großen Abhanges, setzt die Dampfmaschine in Bewegung, und schafft so die 12 leeren Wagen den obigen Abhang hinab, während die 12 andern den kleinen Abhang heraufgezogen werden. Nachdem diese letztern in G angelangt sind, während die ersten nach dem Fuße des längern Abhanges kamen, schiebt man die Wagen mit Hülfe des schwachen Gefälles GE und nachdem die Maschine angehalten und das kleine Seil gelöset worden ist, mit den Händen leicht nach DE, wo sie bis zur Fortsetzung ihrer Fahrt warten. Das abgehakte Ende des kleinern Seils wird an den letzten der 12 Wagen gehängt, die in BC geblieben waren. Das herab gezogene Ende des großen Seils aber wird an den vordersten derjenigen 12 Wagen gehakt, die herauf gezogen werden sollen. Man schiebt den Wagenzug BC nach dem Anfange des kürzern Bahnabhanges, setzt die Dampfmaschine in Bewegung, und die 12 beladenen Wagen fahren den kürzern Abhang hinab, während die 12 andern den längern Abhang hinauf gezogen werden. So geht es wechselseitig weiter.

Zu Brüsselton werden 12 Wagen, mit einer Geschwindigkeit von etwa 9$^{1}/_{4}$ Fuß, den längern Abhang hinauf gezogen. Zum Ab- und Anhaken der Seile sind etwa 3 Minuten Zeit erforderlich; also können täglich, in 12 Stunden, etwa 30 Auf- und Abfahrten gemacht werden; was auch ungefähr dem Verkehr auf der Darlingtoner Straße entspricht, der jetzt jährlich aus 8 bis 10 hunderttausend Centner Steinkohlen bestehen soll.

Wenn man zwei ganz gleiche Abhänge und zwei gleiche Trommeln annimmt, und von dem Gewichte der Seile abstrahirt, so wird in jedem Augenblicke der Bewegung das Gleichgewicht stattfinden, und es wird kein anderer Widerstand als der der Reibung zu überwinden sein; allein dieser Widerstand kann gleichwohl sehr beträchtlich sein. Auf der Straße von Roanne in Frankreich, wo man bei den Abhängen von Nulliza, die ungefähr in dem angenommenen Falle sind, mit einem Roßwerke auszureichen gedachte, hat man eine Dampfmaschine von 25 Pferden Kraft aufstellen müssen.

Wäre die Neigung nicht so stark, daß das Seil von den leeren Wagen hinabgezogen werden kann, so müßte man am Fuße der Abhänge große horizontale Rollen anbringen, mit einem dritten Seil, welches an den vordersten hinab fahrenden und an den hintersten herauf fahrenden Wagen befestigt werden müßte.

Bei allen Abhängen ist es unumgänglich nothwendig, daß man die ganze Bewegung, vom Gipfel aus bis unten zu, übersehen kann, damit man die Bewegung nicht eher beginnen läßt, als bis alles dazu vorbereitet ist. Zu dem Ende giebt man mit einer, am Fuße der Abhänge errichteten Art von Telegraphen Zeichen, und wenn, wegen zwischen liegender Hindernisse, diese Zeichen nicht gesehen werden könnten, giebt man das Zeichen durch einen Drahtzug mit Glocke.

So lassen sich starke Abhänge übersteigen. Auf folgende Weise lassen sich durch feststehende Dampfmaschinen die Fuhrwerke auf der ganzen Linie einer Eisenbahn fortschaffen. Man theilt die Linie in einzelne Strecken von 530 bis 660 Ruthen Länge, und setzt auf jede Strecke eine Dampfmaschine. Gesetzt die Straße habe nur eine Bahn, und es seien A, B, C (Fig. 10) drei Stationen, mit doppelter Bahn und drei Maschinen: so dreht jede Maschine zwei Trommeln, die auf einer und derselben Welle stecken. Jeder Wagenzug wird vorn von einem Seile gezogen und zieht ein Seil hinter sich. Es seien D und E zwei Wagenzüge, die in entgegengesetzter Richtung fahren. D, nach der Richtung des Pfeils, wird durch das vordere Seil G und durch die Trommel S gezogen, die in B eingeschoben ist; zugleich zieht dieser Wagenzug das hintere Seil f, welches sich von der Trommel U abwickelt, die von der Maschine A abgelöset ist. In m angelangt, ändert sich die Bahn und geht nach no, wo man die Seile hinten und vorn löset; der Wagenzug wird nun mit den Händen von o nach y geschoben, wo sich ein schwaches Gefälle befindet. In y hält man an. Ein anderer Wagenzug E, durch das vordere Seil h und die eingeschobene Trommel T gezogen, zieht das hintere Seil i fort, welches sich von der gelösten Trommel x abwickelt. So wie der Wagenzug nach p kommt, hakt man beide Seile los; der Zug gelangt auf die andere Bahn und rollt von selbst hinab, oder wird mit den Händen von p nach ek geschoben, wo sich ein schwaches Gefälle befindet. Er bleibt darauf in ek. Nun wird das Seil r hinten an den Zug D befestigt, der in y geblieben war und das Seil i vorn an denselben. Die Trommel T wird von der Maschine B gelöset und die wieder angeschobene Trommel x zieht den Wagenzug D nach sich. Eben so wird das Seil g hinten an den Wagenzug E befestigt, der in ek geblieben war und das Seil f vorn an denselben. Die Trommel S wird von der Wirkung der Maschine B abgelöst; U wird für die Maschine A eingeschoben und zieht so den Wagenzug E nach sich. Die beiden Wagenzüge werden sich auf diese Weise durch die zusammengesetzte Wirkung anderer Maschinen, immer weiter über A und C hinaus entfernen, während andere ankommende Züge jenen in der Station B begegnen.

Dieses ist das Bewegungs-System, welches man das rückwirkende oder in England reciprocating nennt, indem es von den einander entgegengesetzten Wirkungen der Trommeln abhängt.

Anstatt die beiden Trommeln jeder Maschine, eine nach der andern, sich bewegen zu lassen, kann man sie auch zugleich in Bewegung setzen. So können die Trommeln S und T zugleich die Wagenzüge E und D nach sich ziehen, an welche immer zwei Seile f und i hinten angehängt sind, welche ihnen folgen. Diese Wagenzüge begegnen sich dann

unter den Trommeln der Maschine B. Man löset alle Seile; das hintere Seil eines Zuges wird zum vordern eines anderen; die Trommeln S und T werden beide gelöset; die eingeschobenen Trommeln U und Z werden in Bewegung gesetzt und ziehen den Zug E nach A und den Zug D nach C; die Maschine B bleibt unthätig. Dieses System erfordert kräftigere Maschinen.

Die eine und die andere Art haben ihre Uebelstände. Bei erster Art muß jeder Wagenzug einen andern erwarten: bei der zweiten bewegen sich die Züge zwar immer fort, aber es bleiben stärkere Maschinen unthätig.

Bei dem wechselwirkenden Systeme liegt immer ein Seil auf der Mittellinie der Schienenbahn; und wo die Eisenbahn einer Heerstraße begegnet, muß das Seil gegen die Räder der Wagen und die Füße der Pferde gesichert werden. Zu dem Ende läßt man es in einer Art von hölzernem oder eisernem Gerinne (buse) laufen, dessen Obertheil auf Angeln sich dreht. Ein Knabe, der beständig diese Leitung öffnet und verschließt, zeigt es den Vorüberfahrenden an, wenn ein Wagenzug anlangt.

Die feststehenden Maschinen auf Eisenbahnen haben gewöhnlich hohen Druck, ohne Condensation der Dämpfe. Die Bewegung der Wagen erfordert, daß die Maschine mit Unterbrechungen wirke, und je bei dem Anfange der Bewegung stärker. Die Maschinen mit Condensation der Dämpfe, die erst nach einigen Momenten stärkere Kraft entwickeln, scheinen also für die Bewegung der Wagen auf Bahn-Abhängen weniger geeignet.

Uebrigens bezieht sich alles, was hier von feststehenden Dampfmaschinen und Bahn-Abhängen gesagt ist, nur auf Straßen, auf welchen nicht mit großer Geschwindigkeit gefahren wird. Eben so verhält es sich bei dem wechselwirkenden Systeme, wo die Wagen immer nur $9^{1}/_{2}$ bis $12^{3}/_{4}$ Fuß Geschwindigkeit in der Secunde haben.

Ueber den Vorzug des Transports mit stehenden und mit locomotiven Dampfmaschinen ist viel gestritten, und man nahm den Streit im Allgemeinen als zu Gunsten der letztern entschieden an. Neuerlich ist der Gegenstand von den engl. Ingenieuren G. Stephenson und Bidder wieder aufgenommen worden, indem denselben, bei der projectirten Anlage der Commercial-Eisenbahn zwischen London und Blackwall die Frage gestellt wurde, ob der Betrieb derselben mit einer stehenden oder einer locomotiven Kraft vortheilhafter sei.

Die Commercialbahn soll sich auf Bogen von einem Theile Londons zu einem andern, ohngefähr $^{3}/_{4}$ deutsche ($3^{1}/_{2}$ engl.) Meilen weit erstrecken und soll Steigungen von 12 Fuß auf eine engl. Meile oder 427 preußische Ruthen bekommen, und würde, obwohl sie ziemlich gerade liefe, doch Curven von etwa 3000 Fuß Halbmesser erhalten.

Die genannten Ingenieure nehmen an, daß, um von einem Endpunkt der Bahn bis zu dem andern zu gelangen, nur 12 Minuten Zeit gewährt werden dürfen. Wir theilen hier aus ihrem Bericht (Dingler's Journal, Bd. 68, S. 343 2c.) eine Vergleichung des stehenden und locomotiven Systems auf der projectirten Bahn mit, und zwar 1) in Hinsicht auf die Geschwindigkeit, 2) in Hinsicht auf die Betriebskosten, und 3) in Hinsicht auf die Baukosten.

1) Relative Geschwindigkeit. Abstrakt betrachtet, kann man jedem der beiden Systeme jede Geschwindigkeit, deren man bedarf, geben. Wir haben angenommen, daß die ganze Bahn in 12 Minuten zurückgelegt werden muß, und daß sich die Abfahrt an jedem Bahnende alle Viertelstunden wiederhole. Bei dem stehenden System kann dies, wenn sich bei den Minoriten eine Maschine von 250 und in Blackwall eine von 200 Pferdekräften befindet, mit einem Wagenzuge von 133 Tonnen Bruttoladung oder mit 1000 Personen geschehen; und diese Ladung läßt sich sogar noch bedeutend erhöhen, ohne daß die Dauer der Fahrt um mehr dann eine oder höchstens um zwei Minuten verlängert wird.

Bei dem Locomotivsysteme ist (vorausgesetzt, daß der Regelmäßigkeit willen nach jeder Richtung dieselbe Geschwindigkeit und Pünktlichkeit erfordert wird) die Leistungsfähigkeit der Maschinen nothwendig auf jene Ladung beschränkt, welche sie von Blackwall nach London ziehen können. Der Meinung der Ingenieure nach kann das höchste Gewicht, welches der Locomotive angehängt werden darf, wenn sie die Fahrt in 12 Minuten zurücklegen soll, nicht über 35 Tonnen oder 250 Personen betragen.

Wenn daher für eine Beförderung von 1000 und mehr Personen auf ein Mal, so wie auch für die Aufnahme und Absetzung von solchen an Zwischenstationen Vorsorge getroffen werden soll, so sind ihrer Ansicht nach, bei Anwendung von Locomotivmaschinen durchaus vier Bahnlinien erforderlich, während bei der Anwendung stehender Maschinen zwei solche Linien allen Anforderungen vollkommen Genüge leisten. Bei einem Zusammentreffen mehrfacher günstiger Umstände läßt sich unstreitig obige, für die Locomotiven angenommene Ladung um ein Geringes erhöhen; dagegen aber dürfte weit häufiger der Fall eintreten, daß eine weit bedeutendere Verbindung derselben nöthig wird. Von diesen Schwankungen ist das stehende System größten Theils, wo nicht gänzlich, befreit.

Keines der beiden Systeme ist ernstlichen Unordnungen ausgesetzt, obschon sich auch in dieser Hinsicht ein geringer Vorzug zu Gunsten des stehenden Systems ergeben dürfte.

2) Relative Betriebs- und Herstellungskosten. Man hat sich bei der Lösung dieser Frage der an andern Eisenbahnen gemachten Erfahrungen bedient, und da es eigentlich keine Bahn giebt, die der fraglichen analog wäre, so sind diese Erfahrungen den Umständen und Eigenthümlichkeiten derselben angepaßt.

Die hienach angestellten Berechnungen haben dargethan, daß sich die Unterhaltungskosten und Reparaturen der zum Betriebe dieser Bahn erforderlichen Locomotiven jährlich auf 23,000 Pfd. Sterl. belaufen dürften, während die stehenden Maschinen nur einen Aufwand von 11,000 Pfd. mit sich bringen, wozu jedoch noch 1000 Pfund für Unterhaltung der Taue geschlagen werden müssen. Die Unterhaltung der Bahn würde mit stehenden Maschinen jährlich um 1500 Pfd. weniger kosten, als mit Locomotivmaschinen, so daß sich also im Ganzen zu Gunsten des stehenden Systemes eine Summe von jährlich 12,500 Pfd. Sterl. ergiebt.

Die Herstellung der stationären Maschinen mit den dazu nöthigen Gebäuden kommt auf 25,000 Pfd. Sterling, der Ankauf von 10 kräftigen Locomotiven mit Herstellung der

Wasserstationen, Reparirschoppen &c. hingegen berechnet sich auf 20,000 Pfd. Sterl., zu welcher letzteren Summe aber übrigens auch noch die Kosten der Aufwindmaschine an den West-India-Doks geschlagen sind.

3) Relative Baukosten des Viaducts und der Bahn. In dieser Hinsicht müssen, bevor man auf einen vergleichsweisen Kostenanschlag eingeht, einige, einem jeden der beiden Systeme zukommende Eigenthümlichkeiten erwähnt werden.

Die Locomotivmaschinen erheischen, welche Kosten auch damit verbunden sein mögen, wenn sie mit Nutzen arbeiten und wenn deren Unterhaltungskosten nicht bedeutend steigen sollen, eine solche Modificirung und Verminderung der Rampen, daß sie einen gehörigen Nutzeffect geben können. Bei den stationären Maschinen hingegen ist eine bedeutende Modificirung der geneigten Bahnen möglich, ohne daß deren Leistung beeinträchtigt wird. Wir verweisen als Beispiel abermals auf die London-Birmingham-Eisenbahn, an der sich eine Steigung von 80 Fuß auf die englische Meile befindet.

Im gegenwärtigen Falle ist die für das stehende System vortheilhafteste Modification des Bahnniveau durch die vorgeschriebene Durchkreuzung der Gassen und Straßen beschränkt. Allein selbst innerhalb dieser Gränze ist die Ersparniß sehr bedeutend und mit andern später zu erwähnenden Ersparnissen verbunden. Diese Ersparniß würde noch größer ausfallen, wenn die Erlaubniß zu erlangen wäre, unter einigen Straßen die Kreuzung zu vollbringen. Eine große Ersparniß erwächst nothwendig für jenes System, welches die wenigsten Bahnlinien und folglich die geringste Breite des Viaducts erheischt; woraus also ein bedeutender Unterschied zu Gunsten des stationären Systems folgen muß, da bei diesem der Viaduct den obigen Angaben gemäß wenigstens um 16 Fuß schmäler sein kann.

Die aus der Verminderung der Breite des Viaducts und aus dessen Erniedrigung bis auf die durch die Parliaments-Acte gestattete Tiefe, hervorgehende Ersparniß berechnet sich auf 150,000 Pfd. Sterling, wozu noch, wenn einige Straßen etwas erhöht werden dürfen, eine Ersparniß von 23,000 Pfund käme, so daß dies eine Summe von 173,000 Pfund Sterling gäbe, abgesehen von dem Unterschiede in den Ankaufskosten des Terrains.

Endlich ließen sich die Arbeiten bei solcher materiellen Reducirung in 18 Monaten vollenden.

Alles dieß zusammengefaßt, finden die Herren Stephenson und Bidder, daß das stationäre System bei gleicher Geschwindigkeit jährlich um 12,500 Pfund weniger Betriebskosten veranlaßt, als das Locomotivsystem; daß sich an den Baukosten, die Erwerbungskosten des Terrains und die Aufziehmaschine an den West-India-Doks nicht in Anschlag gebracht, eine Ersparniß von 145,000 Pfund herauswirft, die sich auf 168,000 Pfund steigern würde, wenn die Erlaubniß, unter einigen Straßen durchzufahren, zu erlangen wäre.

Daß außerdem das stehende System so viele Zwischenstationen möglich macht, als der Verkehr und die Bequemlichkeit des Publikums erheischen dürfte. Daß endlich bei dem niedrigeren Niveau, auf welchem sich die Bahn an den West-India-Doks und in Blakewall befände, die Communication mit den Magazinen um Vieles erleichtert wäre.

Die Ingenieure fügen schließlich noch einige Bemerkungen über die Einwendungen bei, die man ebenfalls gegen das empfohlene System machen dürfte.

Mehrere sind der Ansicht, daß sich stationäre Maschinen und Taue nicht mit einer größern Geschwindigkeit vertragen. Hingegen muß bemerkt werden, daß sich für diese Ansicht auch nicht eine einzige Thatsache oder ein einziger Grund aufbringen läßt; daß dafür die stationären Maschinen an der London-Birmingham-Eisenbahn, die bei einer Steigung von 80 Fuß in die englische Meile eine Geschwindigkeit von 20 Meilen in der Zeitstunde hervorbringen, einen triftigen Gegenbeweis liefern. Man hat gesagt, daß stehende Maschinen größern Lärm verursachen, als die Locomotiven, indem der Lärm fortwährend durch die ganze Strecke stattfindet, durch welche die Taue reichen, während man die Locomotive nur bei ihrem Vorüberfluge hört. Hiergegen läßt sich einwenden, daß der Lärm, der die Seilleitungsrollen machen, bald durch eine Verbesserung dieser Rollen gehoben werden dürfte. Uebrigens möge man nicht vergessen, daß bei den stehenden Maschinen der Rauch und das Funkensprühen längs der ganzen Bahn wegfällt, und daß eben dies auch von der größten Klage gilt, die man an sehr bevölkerten Quartieren gegen die Eisenbahnen hört, und die gegen das Ausströmen des Dampfes während des Wartens der Locomotive auf die Wagenzüge und gegen das Pfeifen bei der Annäherung derselben gerichtet ist. An der Station, wo sich eine stehende Maschine befindet, wird man von Allem dem Nichts zu leiden haben.

Neuntes Capitel.

Von den schwebenden oder sogenannten Palmer'schen Eisenbahnen.

Diese Art von Eisenbahnen ist nur an wenigen Orten angewendet worden. Wir beschreiben hier die zum Posenschen Festungsbau erbauete,* die sich durch besonders zweckmäßige Construction auszeichnet. Fig. 11 auf Tafel LII zeigt den Transportwagen von der Seite nach Wegnahme des Seitenbrettes U, und links ein Stück eines zweiten angeschobenen Wagens, um noch die Verbindung sehen zu lassen; dabei zeigen sich hinter den Wagen noch die Haupttheile der Bahn. Fig. 12 ist eine Endansicht des Wagens, bei welcher die links von der Bahn liegende Hälfte, welche

* Der Erbauer, Hauptmann von Prittwitz, in den Verhandlungen des preuß. Gewerbevereins, 1837, S. 160 &c., und daraus im polytechn. Centralblatte, 1837, Nr. 72 &c.

der rechten ganz gleich ist, weggelassen wurde. Fig. 13 ist eine Seitenansicht des mittlern Theils des Wagenrades. Fig. 14 ein Durchschnitt desselben mit Andeutung der Speichen, welche sich bei Fig. 15 endigen. Fig. 16 endlich eine Reibungsrolle, bei welcher in der natürlichen Lage die Schmierbüchse oben steht.

Die Bahn. Die Pfosten oder Ständer A müssen für eine Bahn von längerer Dauer wohl von Eichenholz sein; jedoch sind für temporären Gebrauch ganz schlechte und ästige Zopfenden von Kiefernholz brauchbar. Diese Ständer brauchen nur auf zwei Seiten beschlagen zu sein. Sie stehen auf $1/4$ ihrer Länge in der Erde und sind zur Sicherung gegen Feuchtigkeit, so weit sie in die Erde kommen, anzubrennen und mit einer Mischung von Theer und Pech zu überziehen. Der Boden um sie herum wird festgestampft. Die Entfernung der Ständer von Mitte zu Mitte beträgt 9 Fuß, welche Entfernung aber bei etwa möglicher Anwendung der Dampfwagen wohl noch würde vermindert werden müssen.

Die Bahnbohlen B sind am besten von Kiefernholz zu nehmen, da die eichenen sich zu sehr krumm ziehen. Die Kanten derselben unter der Eisenschiene C sind auf beiden Seiten gut abzuschrägen, damit die Ränder der Räder nicht daran streifen. Die Befestigung der Bohlen in den Rändern geschieht mit einem oder zwei $1/2$ zölligen starken Bolzen D, die nicht ganz durchgehen. Die Dicke der Eisenschienen C von $1/2$ Zoll scheint für Pferdezug genügend; für Dampfkraft möchte nach den Erfahrungen in Amerika diese Stärke bis auf 1 Zoll zu vermehren sein. Unter die Enden der Schienen wird es gut sein, noch ein Stück Eisen F unterzulegen, weil die Bohlen unter den Enden der Schienen vorzugsweise angegriffen werden. Diese Enden der Schienen sind nicht senkrecht, sondern schiefwinkelig abgeschnitten. Die in den Schienen befindlichen Löcher sind länglich. Die zur Befestigung der Schienen auf den Bohlen gebrauchten Nägel sind 7 Zoll lang, $1/4$ Zoll stark und unten etwas dicker, damit sie fester sitzen. Die Leitbohlen oder Leitbretter G an den Seiten der Ständer, an welchen Brettern die Frictionsrollen u. s. w. der Wagen entlang laufen, werden in der Mitte zwischen zwei Ständern durch ein Stück 8 Zoll breites, 6 Zoll langes und 2 Zoll starkes Brett H in der gehörigen Entfernung von einander erhalten. Auf der Mitte der Leitbohlen sind Eisenschienen J von 1 Zoll Breite und $1/4$ Zoll Dicke aufgenagelt, um die Reibung der Wagen an denselben zu vermindern. Für unwichtige Bahnen können diese Eisenschienen wegfallen; zwar wird die Reibung etwas größer, doch ist die Abnutzung der Leitbohlen gering, selbst wenn an den Wagen keine Frictionsrollen, sondern nur Streichhölzer angebracht sind. Die Bahn für das Pferd, oder der Erdboden, muß wenigstens 6 Zoll, besser 1 Fuß unter den Wagen frei sein, damit diese nie anstoßen oder schleifen, was denselben bei der großen Belastung sehr nachtheilig ist. Um Durchfahrten herzustellen, lassen sich leicht Drehthore darstellen, bei welchen ein Ständer rund gemacht und als Drehungsaxe der zu beiden Seiten auslaufenden Bahnbohlen hergerichtet wird; sollte so eine zu kleine Oeffnung entstehen, so lassen sich zwei Drehthore neben einander anbringen, welche an dem Punkte, wo die beiden beweglichen Bohlen in einander verlaufen, einen beweglichen Ständer nöthig machen. Drehthore lassen sich ebenfalls benutzen, um sich durchkreuzende Bahnen zu verbinden.

Eisenbahnwagen. Zwei durch ein Charnier L verbundene Wagen bilden immer einen Doppelwagen, der seiner Construction nach allen Krümmungen der Bahn mit Leichtigkeit folgt, wogegen die beiden Verbindungsschienen M die schwankende Bewegung in der Längenrichtung der Bahn hindern und zugleich als Zugleine für das seitwärts gehende Pferd dienen. In Betreff der Länge der Zugleine läßt sich kein bestimmtes Maaß angeben, da dieses von der Höhe der Bahn und dem Terrain abhängig ist. In ebenem Terrain und bei den angedeuteten Höhenmaßen der Bahn dürfte die Zugleine 4 — 5 Ruthen lang werden. Die Bäume H H der Wagen sind von Birken- oder Rüsterholz und mit den in der Zeichnung angegebenen Dimensionen stark genug.

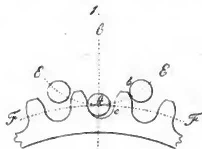
Selbst bei $2^1/_2$ Zoll Stärke, 3 Zoll Breite und ziemlich nachlässiger Behandlung sind nicht alle Bäume gebrochen. Alle Bolzen, welche die Bäume durchlochen, sind möglichst zu vermeiden, da an diesen Stellen die Bäume am ersten brechen, und an deren Stelle Ziehbänder Z Z zu gebrauchen. Zum Schutz der Bäume gegen äußere Beschädigung sind dieselben mit einer eisernen Schiene S S belegt. Die Spitze des Wagens, wo oben die vier Bäume zusammenkommen, ist zum Schutz gegen Feuchtigkeit mit Leinwand zu überziehen und dieselbe mit einem Oelanstrich zu versehen. Zur festern Verbindung der vier Bäume geht oben unter dem ersten eisernen Bande ein hölzerner Diebel R durch; aus demselben Grunde ist ein hölzerner Keil P in dem obern Raume zwischen den Bäumen eingebracht, der durch die im zweiten Bande befindlichen eisernen Bolzen in seiner Lage erhalten wird. Die Rahmen Q Q, die auf der Axe des Rades ruhen, müssen von trockenem Eichenholze und die einzelnen Stücke mit Schwalbenschwanz verbunden und durch $1/2$ Zoll starke hölzerne verleimte Nägel befestigt sein. Die Befestigung der vier Bäume an den Rahmen geschieht durch vier eiserne Bolzen a a. Der gekrümmte eiserne Bügel X, welcher die Bäume aus einander hält, giebt dem Wagen seinen ganzen Halt, weswegen auch an diesen Stellen die Bäume am stärksten sind. Die Seitenbretter WW des Wagens sind von Kiefernholz und nur die Bretter W W, woran die Verbindungsschienen und Frictionsrollen befestigt werden, von Eichenholz. Damit die Ladung nicht herunterfallen kann, sind außerhalb nach Umständen Bretter zum Klappen U U mit Ketten angebracht.

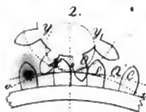
Frictionsrollen. Dieselben sind von Eisen, b b, und bewegen sich längs der schon oben erwähnten, an den Ständern befestigten Seitenbretter G hin. Bei unwichtigern Bahnen können diese Frictionsrollen durch festgenagelte Streichklötze von Buchenholz ersetzt werden. Bei Wagen, welche zum Personentransport dienen sollen, dürfte die Befestigung der Frictionsrollen durch eine federnde Vorrichtung zu bewirken sein, wodurch dieselben immer an die Seitenschienen J J angedrückt und alle Schwankungen des Wagens vermieden würden. Die Axe c der Rollen ist fest, oben durch zwei Schrauben befestigt; unten wird sie durch eine kleine eiserne Büchse e in der richtigen Lage erhalten. Die Frictionsrollen lassen sich auf diese Weise sehr leicht herausnehmen, indem nur die beiden erwähnten Schrauben

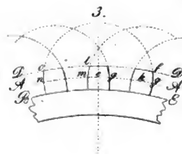
gelöst zu werden brauchen. Die Frictionsrollen enthalten im Innern eine metallene Büchse f, die bei ihrer Länge wenig abgenutzt wird, und wenn sie abgenutzt sein sollte, sich leicht neu ausfuttern oder durch eine neue ersetzen läßt. Unterhalb derselben sind kleine metallene Scheiben g aufgesteckt, um die Reibung der Rollen an der kleinen Büchse e zu vermindern. Die Schmiere für die Axe geht derselben aus der oberhalb befindlichen Schmierbüchse h zu.

Räder. Diese sind von Eisen und zwar die Nabe von Gußeisen, das Uebrige: Speichen, Felgen u. s. w. von Schmiedeeisen. Um die Nabe ist an beiden Enden, wo die Oeffnung für die Axe sich befindet, ein schmiedeeiserner Ring i herumgelegt. Fig. 14 zeigt den hölzernen Rahmen Q, das metallene Pfannenlager oder die Büchse l, die Schmierbüchse m und die eiserne Axe n. Die letztere hat einen viereckigen Ansatz w, mit welchem sie in eine Vertiefung der Nabe paßt und welcher dazu dient, daß sich die Axe nicht drehen und auch nicht herausziehen kann. Die Schmierbüchse m theilt der Axe n des Rades, in den metallenen Pfannenlagern l, die Schmiere mit, die, wenn sie auf der entgegengesetzten Seite herausdringen sollte, von der rings herum mit einer Rinne versehenen Stoßscheibe von Messing p aufgenommen und so am Abfließen oder Abträufeln gehindert wird. Außerdem ist eine eiserne Stoßscheibe q und eine Lederscheibe r auf die Axe getrieben, um die Schmiere abzuhalten, zwischen die Stoßscheibe und die Nabe zu dringen. Diese Schmiervorrichtung ist der in den Stephenson'schen Dampfwagen nachgeahmt, jedoch erst

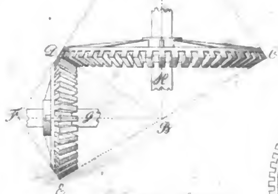
kürzlich ein Versuch damit gemacht worden. Das nach Beschaffenheit der Witterung mit mehr oder weniger Oel oder Thran zu versetzende Fett, welches als Schmiere dient, dringt durch die Oeffnung s ein, und die Scheibe t, worauf die Schmierbüchse festsitzt, ist absichtlich mit der Büchse verlöthet, um heiß zu werden und die Schmiere flüssig zu machen, wenn die Axe ja einmal trocken geworden sein sollte. — Da die hier angegebene Construction der Räder erst bei einigen Wagen angebracht und seit Kurzem in Gebrauch ist, so läßt sich über deren Haltbarkeit noch nichts Bestimmtes angeben. Bis jetzt halten sie sich gut; zwar zeigt sich eine kleine Bewegung der Speichen in der Nabe, welche aber wohl nicht nachtheilig sein dürfte. In Betreff der Bearbeitung der Seitenränder des Radkranzes u, welche abgestumpfte Kegel bilden, ist zu bemerken, daß sie sich am leichtesten anfertigen lassen, wenn man die dazu bestimmten Eisenschienen in gehöriger Länge erst nach der auf eine Ebene entwickelten Krümmung des abgestumpften Kegels ausschmiedet, sie darauf konisch zusammenbiegt und dann an den Enden zusammenschweißt. Schweißt man sie dagegen als flachen Ring zusammen, den man nachher zum abgestumpften Kegel ausschmiedet, so gerathen sie viel schlechter. Wenn die Eisenbahnwagen mit eingelegten Rädern von der Bahn genommen werden sollen, so ist es nothwendig, vorher die Räder mittelst eines über dem Rahmen Q zwischen die Speichen eingeschobenen Bolzens zu unterstützen, damit nicht die metallenen Pfannenlager das ganze Gewicht des Rades zu tragen haben.

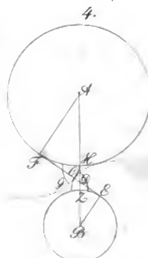


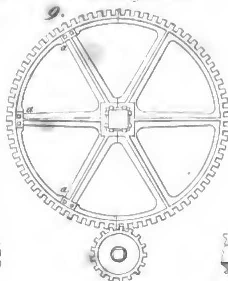


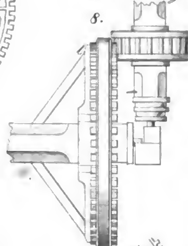








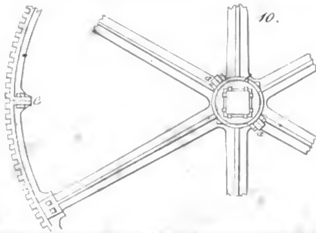


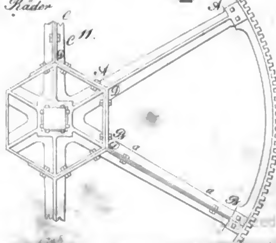


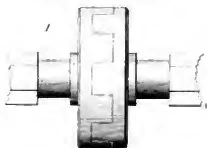
Hölzernes Sternrad.

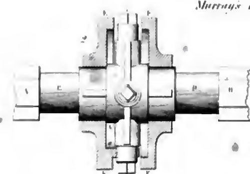
7.

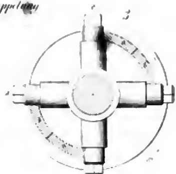
Construction der Räder

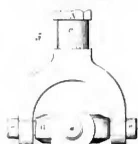


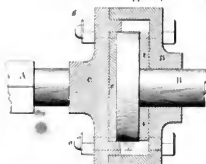


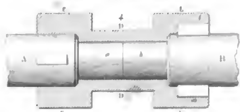


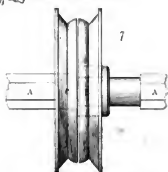


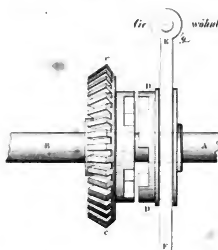


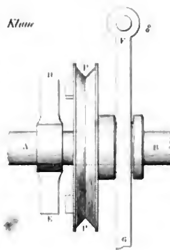




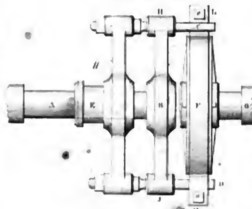


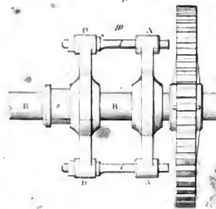






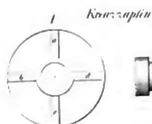


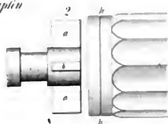




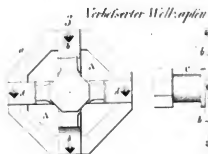
Lith. Anst. von B. Dondorf in Frankfurt a/M.

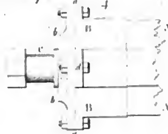
Kreuzzapfen



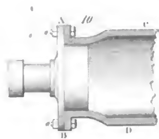


Verbesserter Wellzapfen

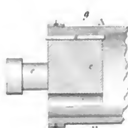


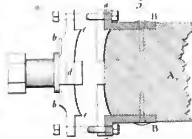


Zapfen an eisernen Wellen

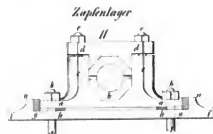








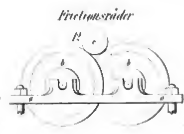
Zapfenlager



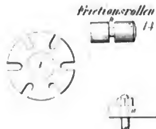


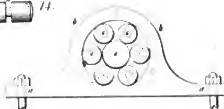


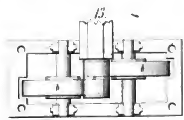
Frictionsräder



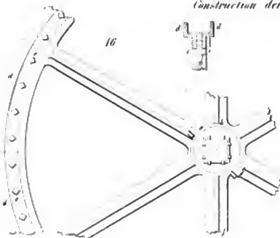
Frictionsrollen

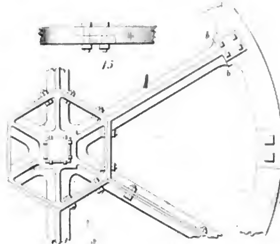






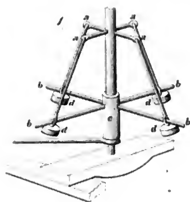
Construction der Räder

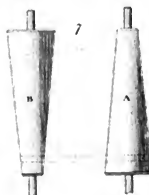
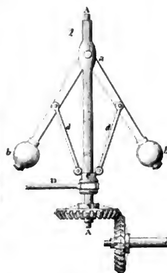




Lith. Anst. von B. Dondorf in Frankfurt a/M.

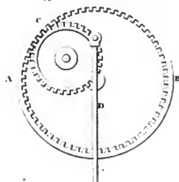
Vorrichtungen zur Regulirung der Geschwindigkeit

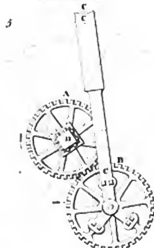


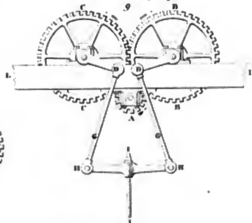
Planetenrad

Senkrechte Bewegung

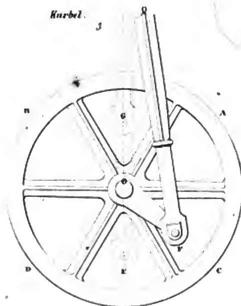




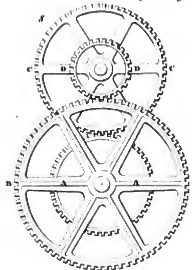
Senkrechte Bewegung



Kurbel.

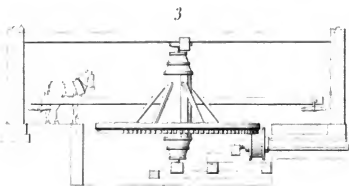


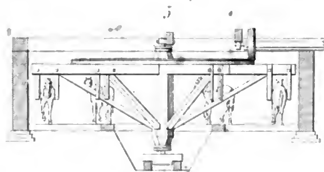
Regulirung der Geschwindigkeit

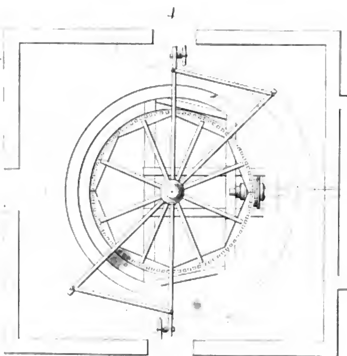


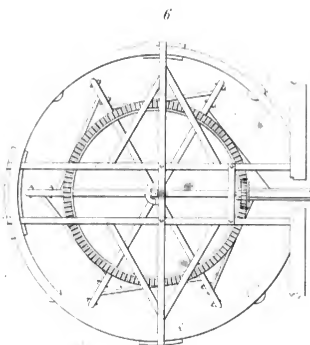

Lith. Anst. von M. Frommann in Darmstadt

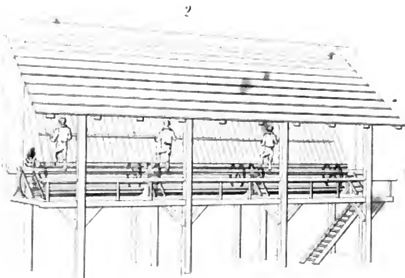
1 Handmühle 2 Tretrad 3 6 Pferdegöpel

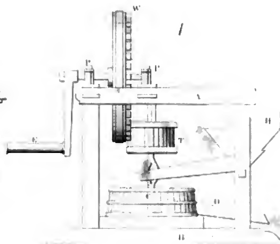




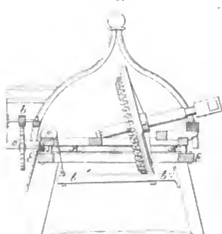


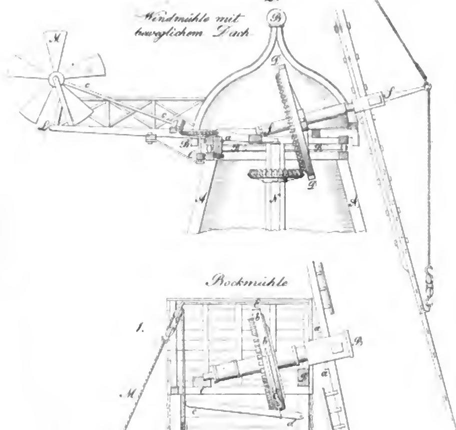


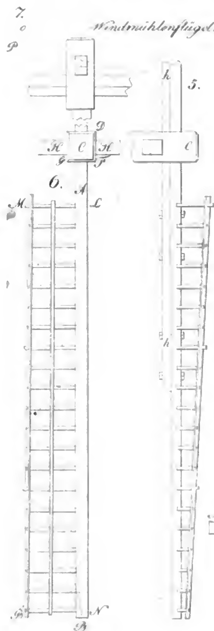


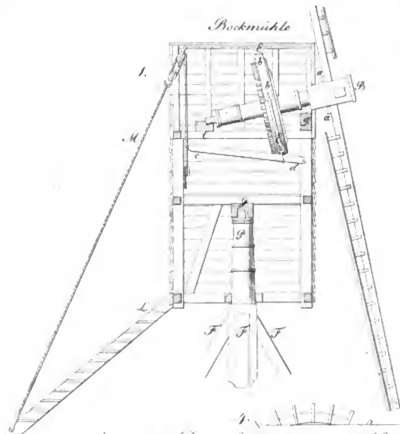


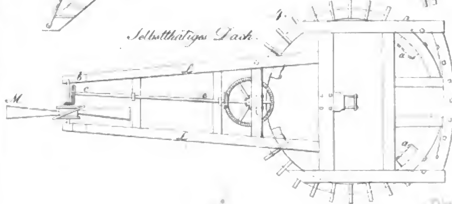
Lith. Anst. von H. Dondorf in Frankfurt a. M.

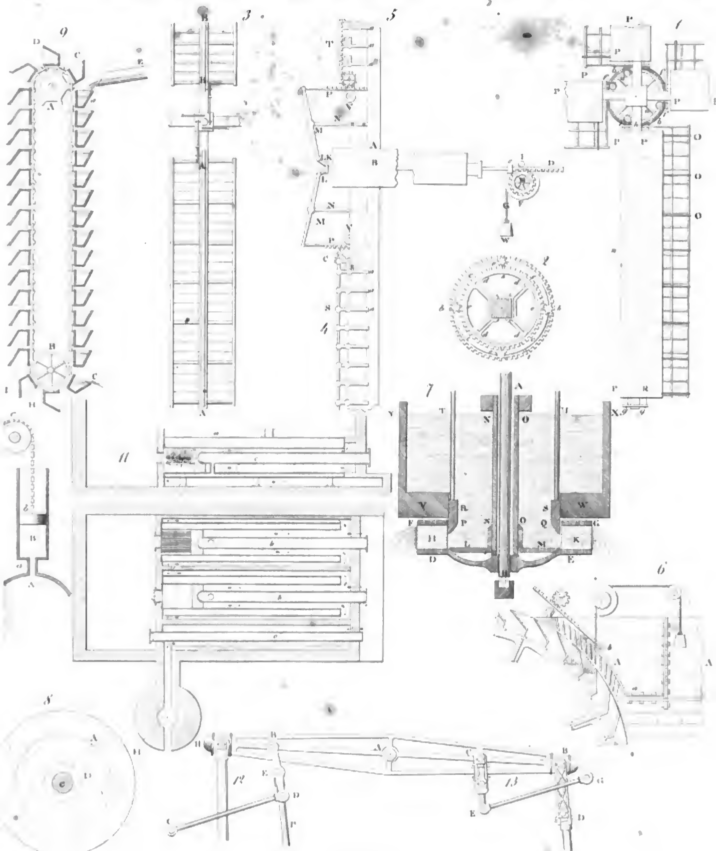

3.


2.
Windmühle mit beweglichem Dach

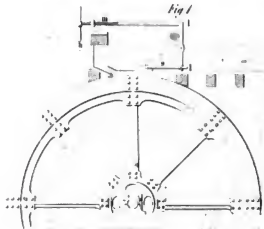

7.
Windmühlenflügel.
5.
6.

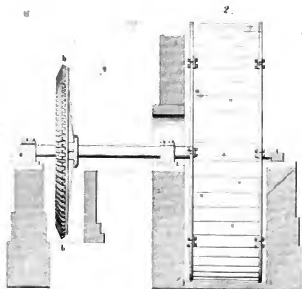

Bockmühle
1.

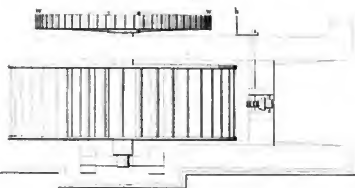

4.
Selbstthätiges Dach.

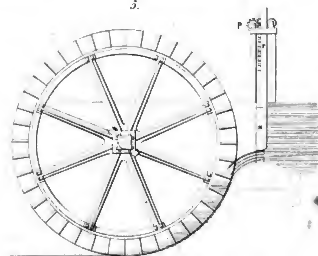


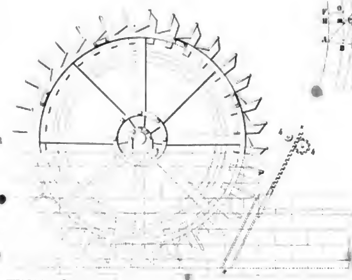
Lith. Anst. v. M. Frommann

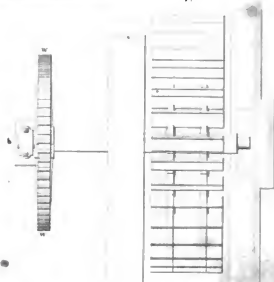

Fig 1

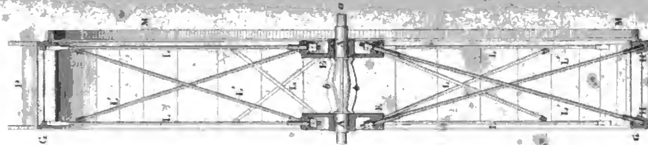

2.


4

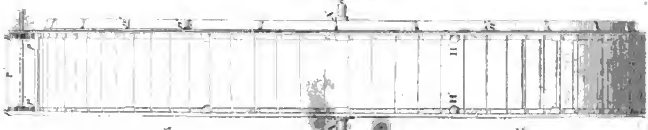

5.


6
3


7.







Lith. Anst. v. M. Frommann Darmstadt

2 Mètres

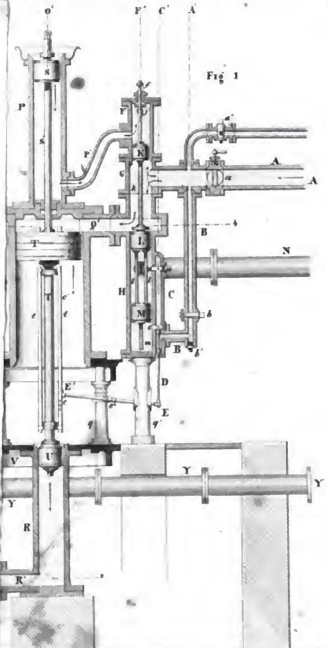


Fig 1

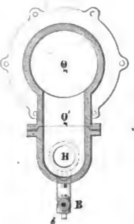


Fig 4.

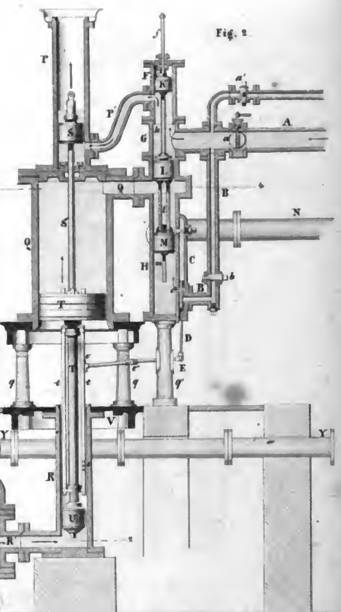
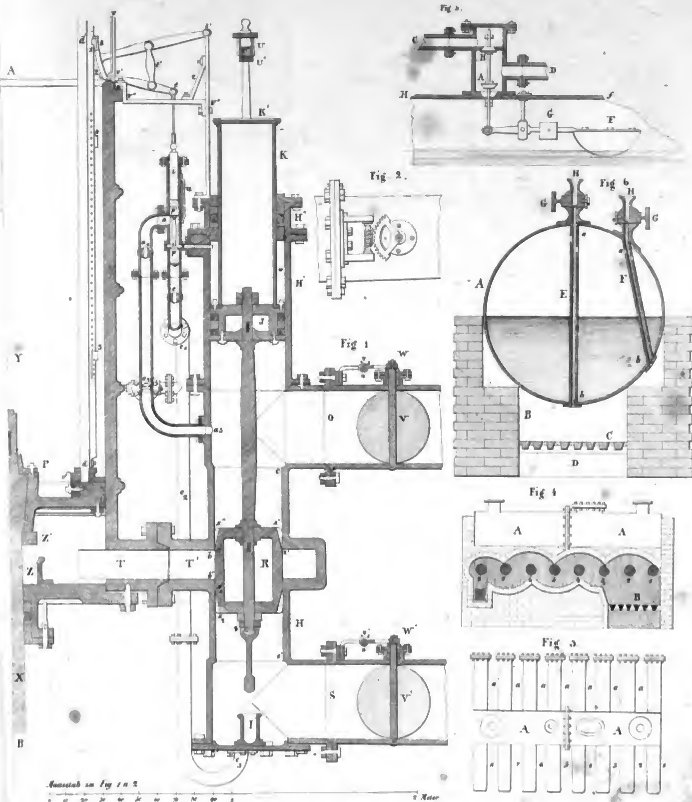


Fig. 2

WASSERSÄULEN und DAMPFMASCHINEN.



Lit Anst v J Lehnhardt in Mainz

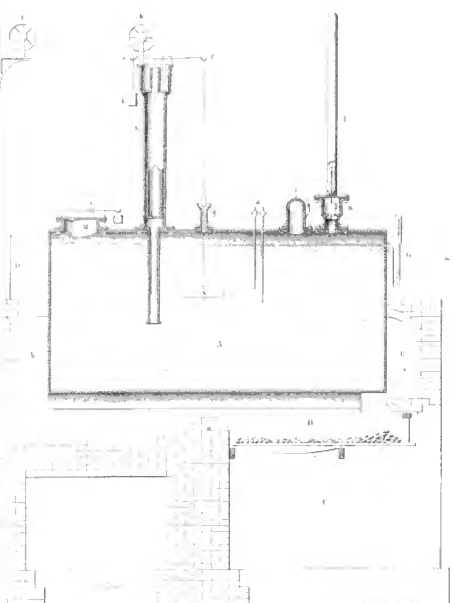


Fig. 1

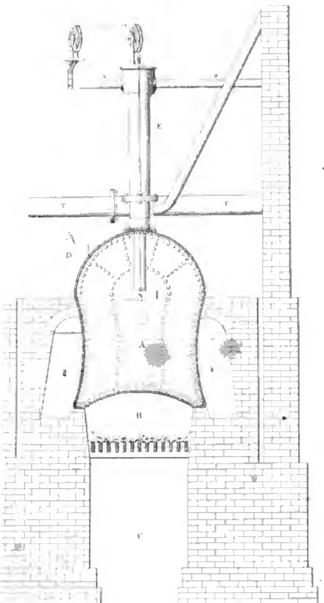
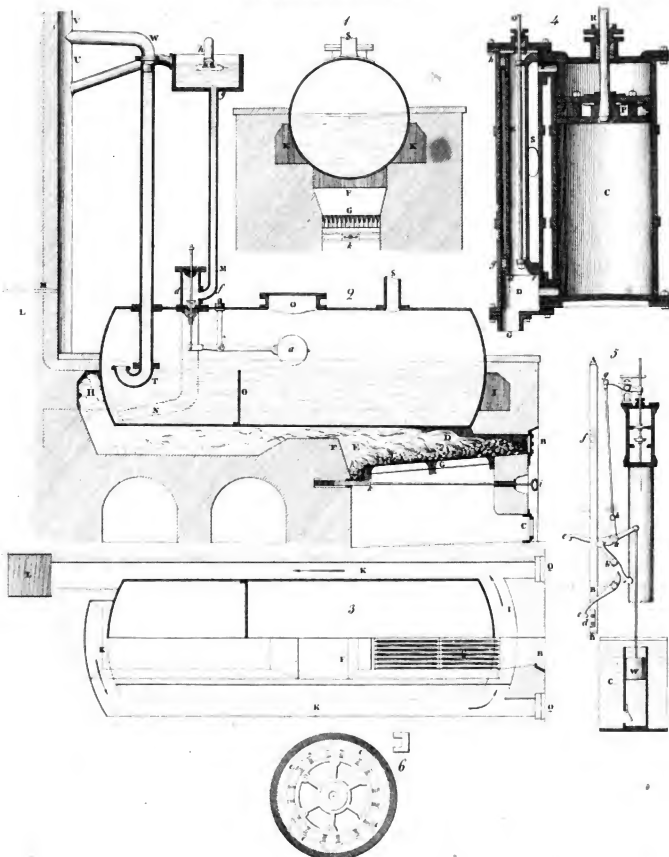
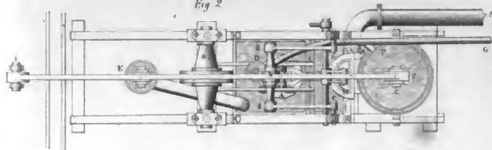


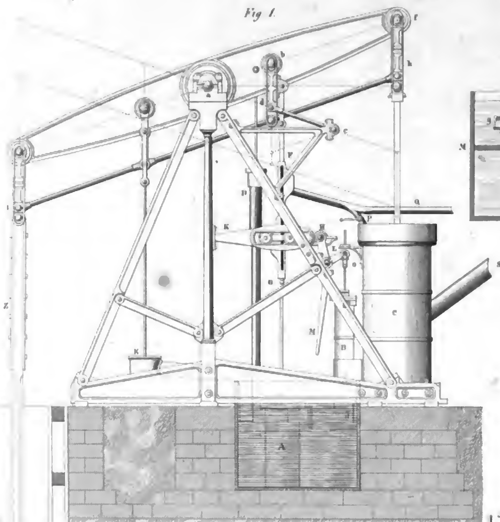
Fig. 2

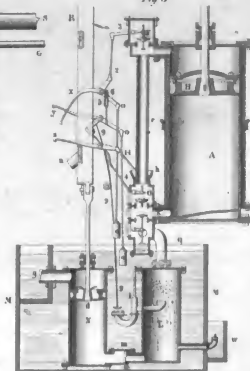
Lith. Inst. v. H. Haubold in Frankfurt a M.

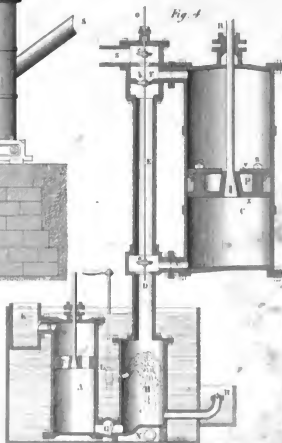


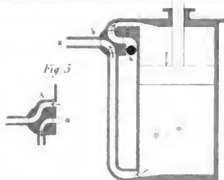
Lith. Anst. von M. Ferrmann


Fig. 2


Fig. 1.

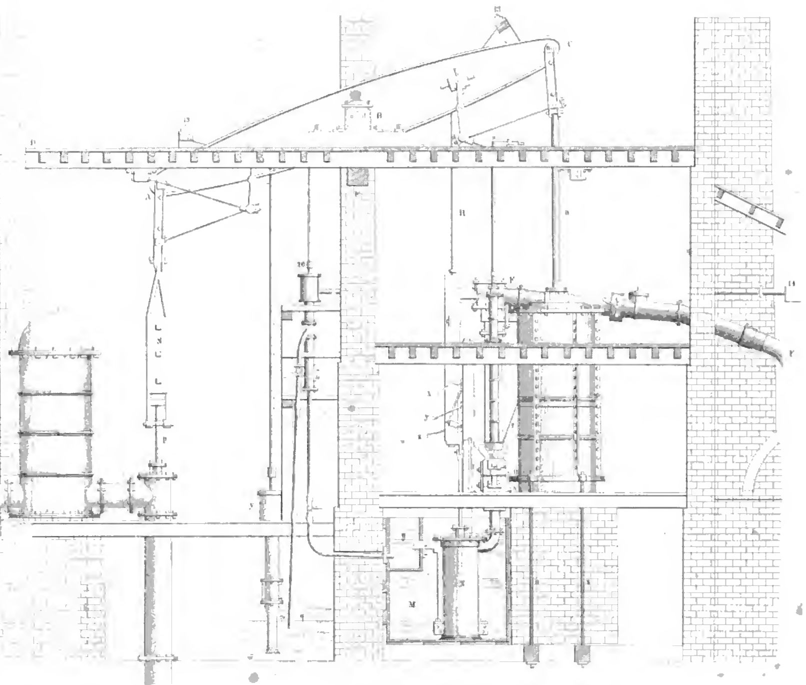

Fig. 3


Fig. 4


Fig. 5

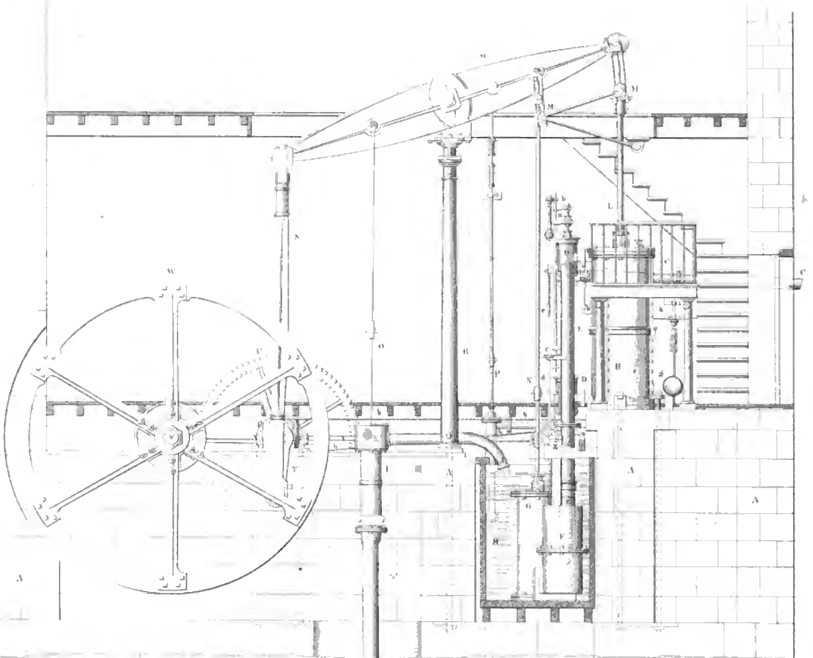
Lith. Anst. v. B. Dondorf in Frankfurt a/M.

EINFACH WIRKENDE DAMPFMASCHINE.



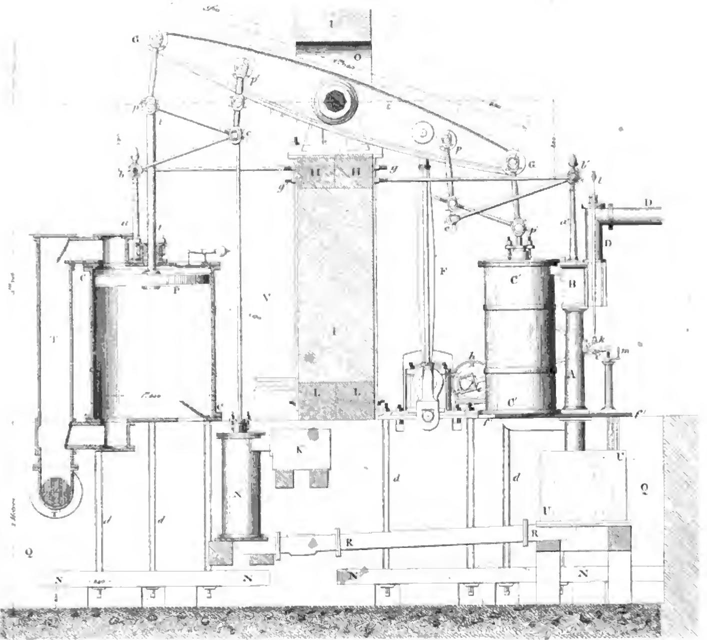
Lith. Anst. v. B. Dondorf in Frankfurt a. M.

DOPPELT WIRKENDE DAMPFMASCHINE.

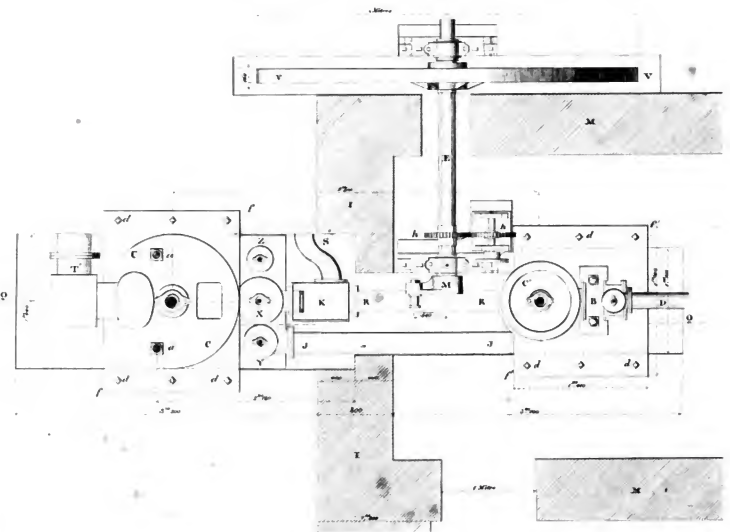


Lith. Anst. v. R. Dondorf in Frankfurt a. M.

(AUFRISS)

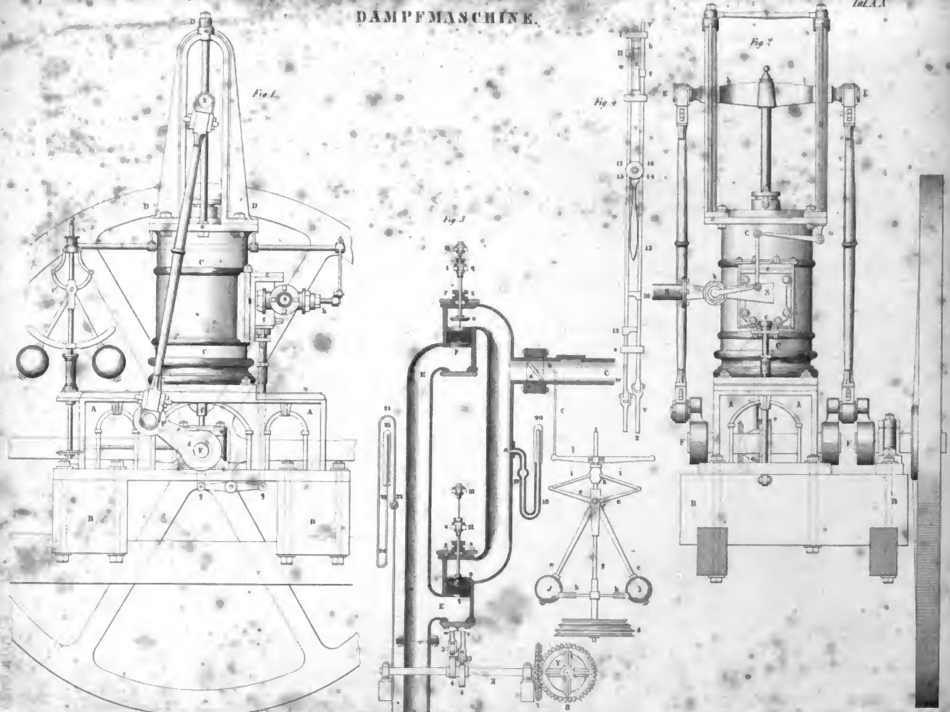


DOPPELTWIRKENDE DAMPFMASCHINE
(GRUNDRISS)



Lith. Anst. v. M. Frommann in Darmstadt

DAMPFMASCHINE.

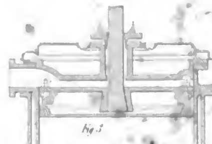


Lith. Anst. v. H. Dondorf in Frankfurt a/M.

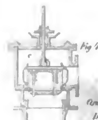
DAMPFMASCHINE VON CORNWALLIS.

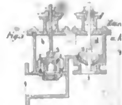
Taf. XXI.

Vordere Ansicht Fig. 1

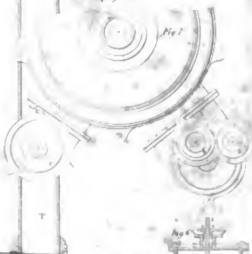






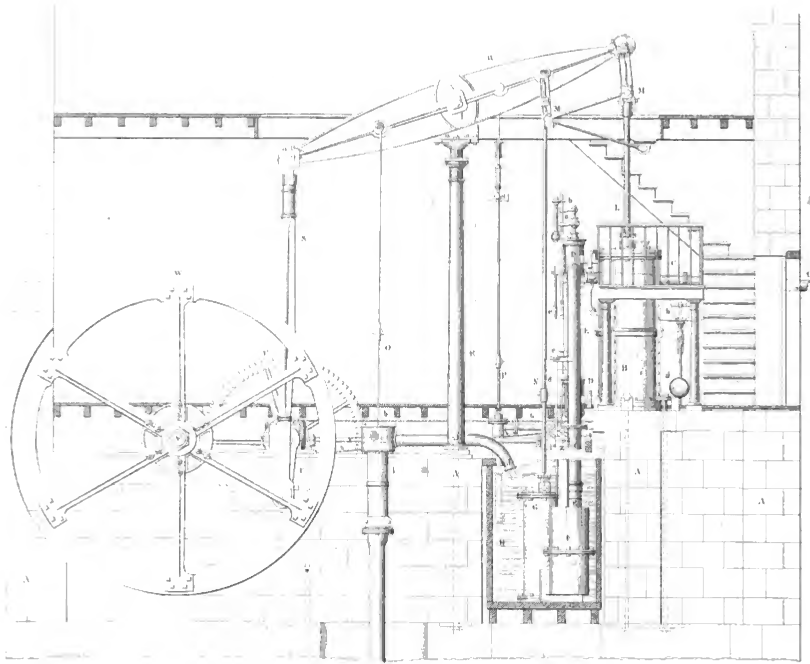


Grundriss des Dampfcylinders



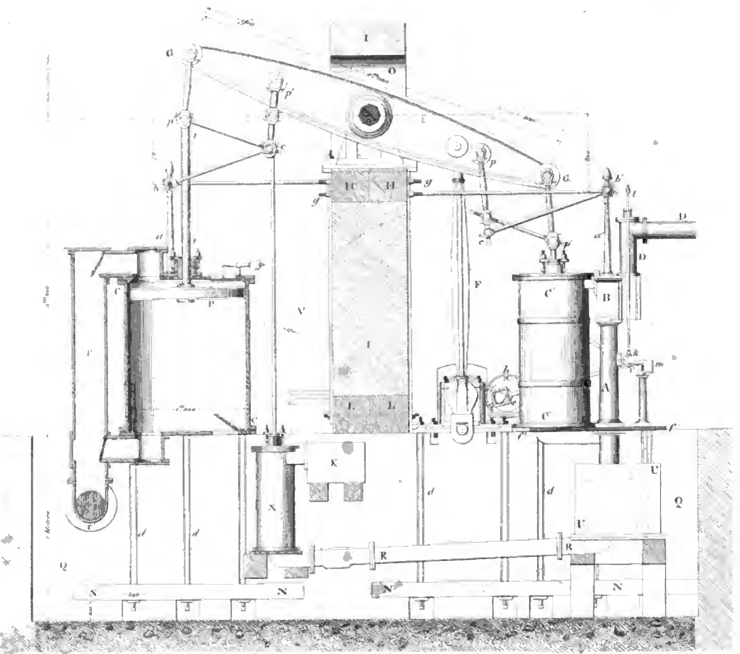


DOPPELT WIRKENDE DAMPFMASCHINE.



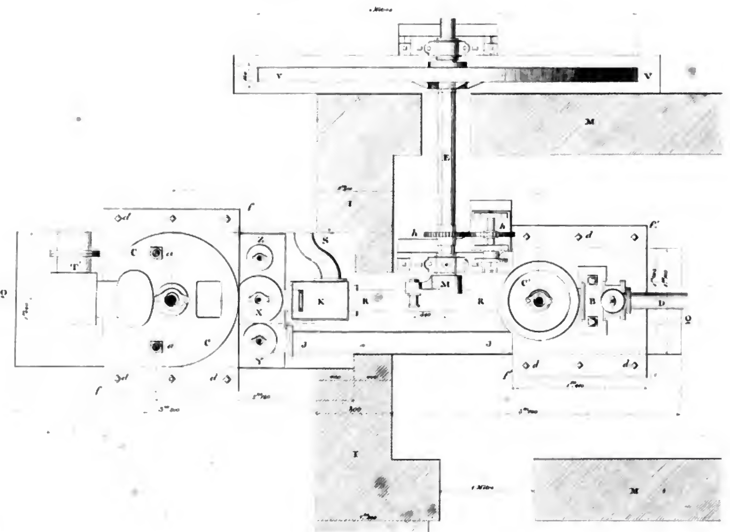
Lith. Inst. v. P. Bandart in Frankfurt a. M.

(AUFRISS)

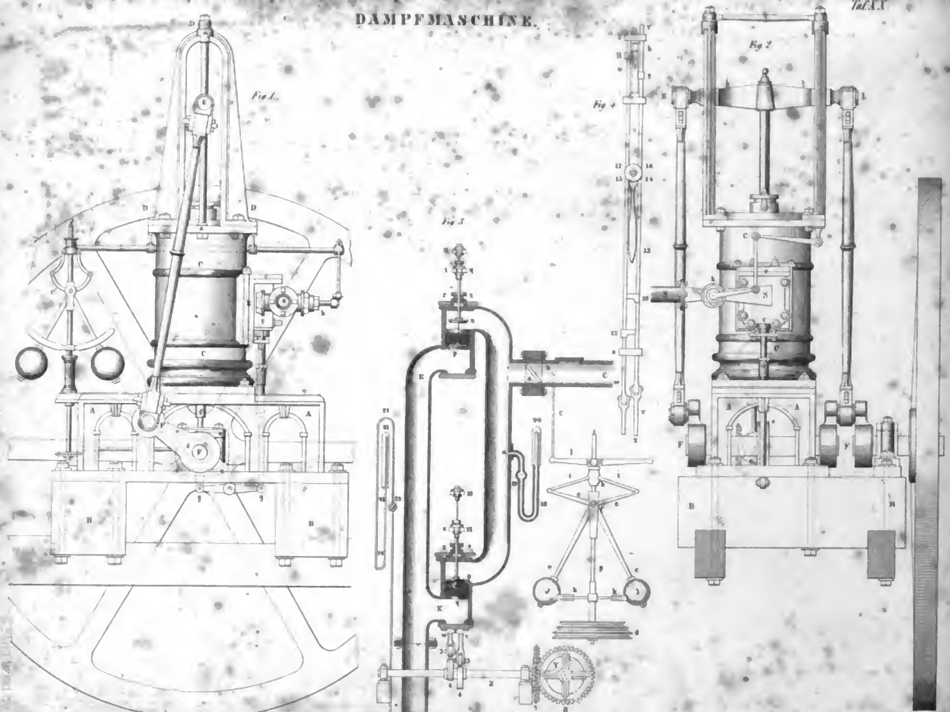


DOPPELTWIRKENDE DAMPFMASCHINE

(GRUNDRISS)



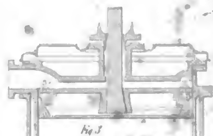
Lith. Anst. v. M. Frommann in Darmstadt



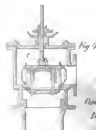
DAMPFMASCHINE.
Taf. XX.
Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4.

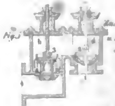
Vordere Ansicht

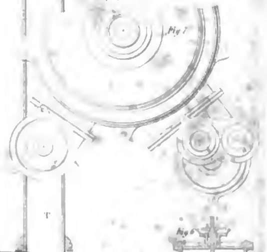
Fig 1



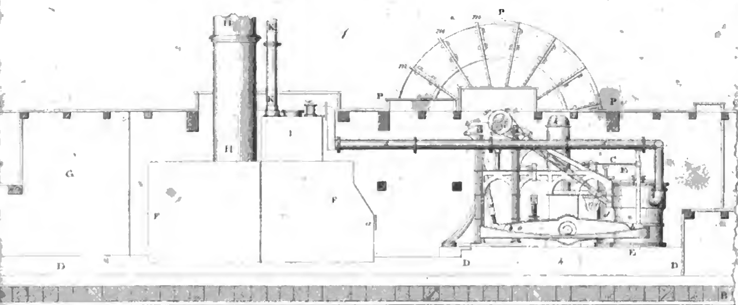




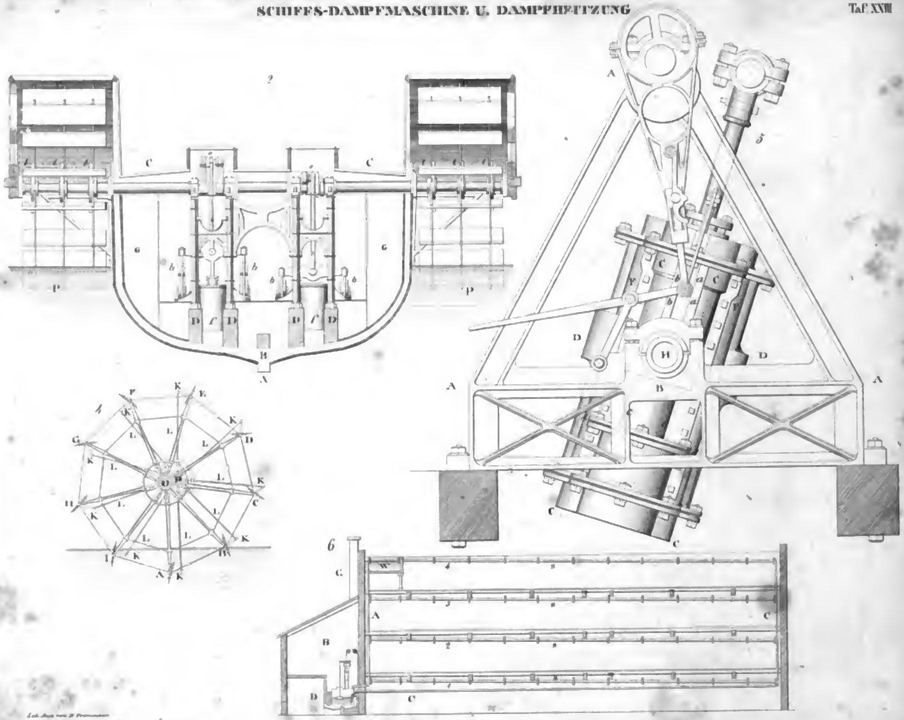




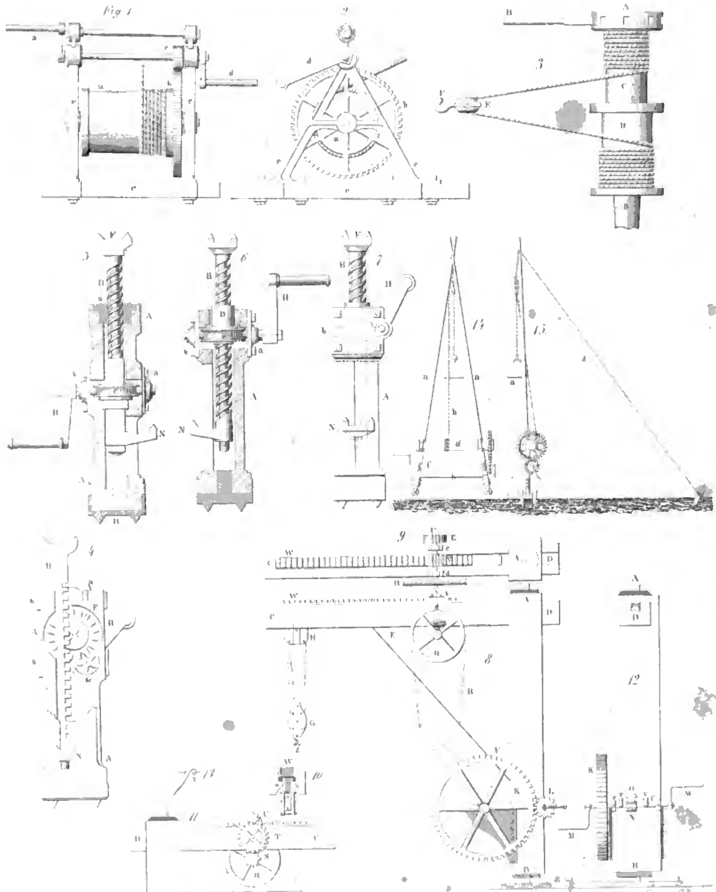



H
K
I
G
F
D
E
C
P
B
A

SCHIFFS-DAMPFMASCHINE U. DAMPFHEITZUNG



WINDEN UND KRAHNE.

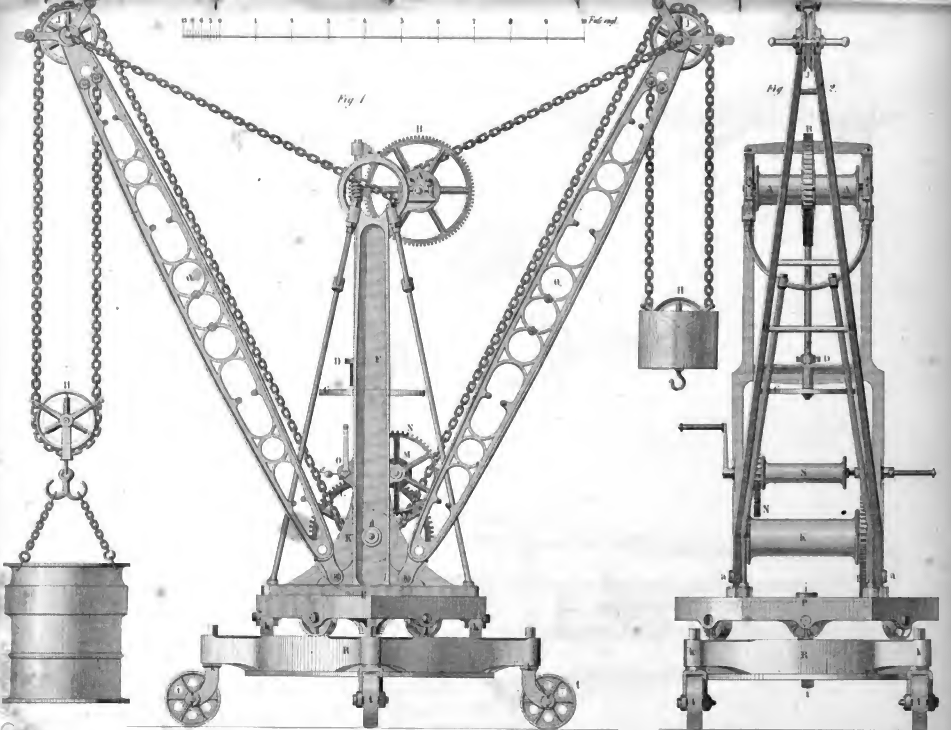


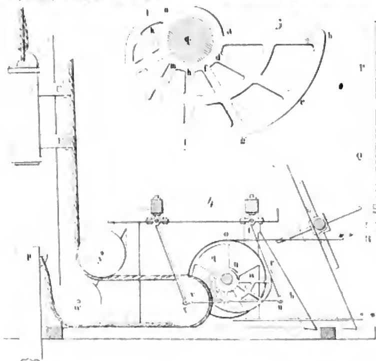
Lith. Anst. v. B. Dondorf in Frankfurt a. M.

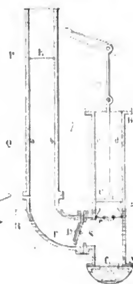
KRAHN.

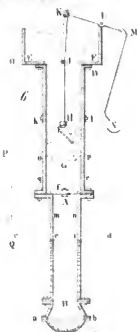


Lith. Anst. v. R. Dondorf in Frankfurt a/M.


Fig. 1
Fig. 2
Fuss engl.
Lith. Anst. v. H. Dondorf in Frankfurt a/M.







Lith. Anst. v. E. Dondorf in Frankfurt a. M.

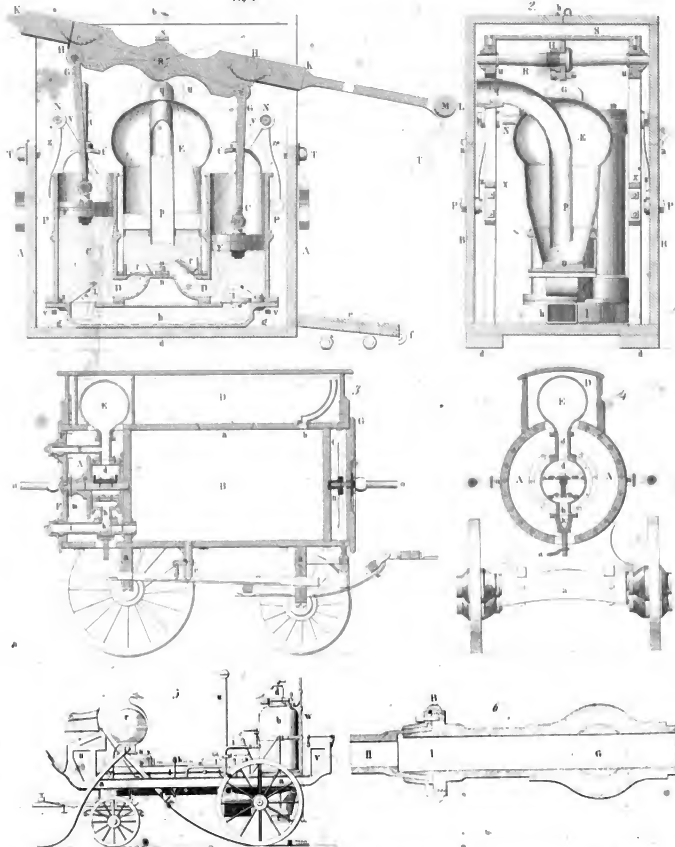
Maasstab zu den Fig 9 u. 1–5 von Taf 29

0 1 2 3 4 5 Fuß

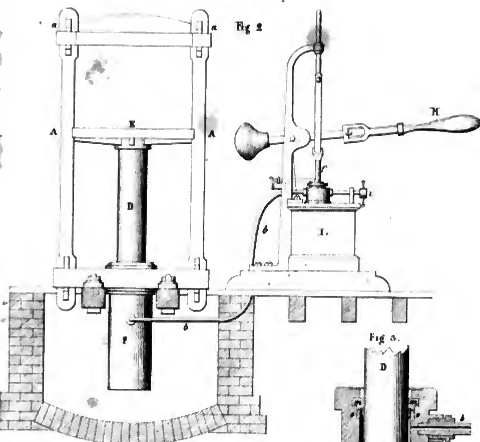
Maasstab zu Fig 10

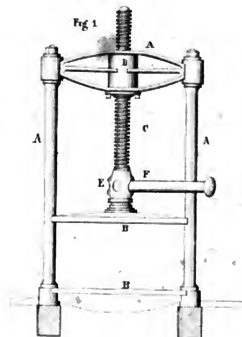
0 50 1 2 Meter

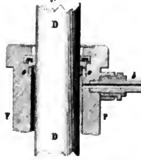
Lith. Anst. v. M. Frommann



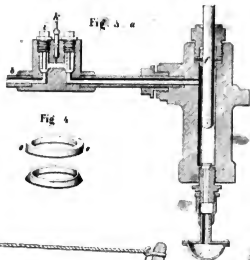
Lith. Anst. von B. Dondorf in Frankfurt a. M.



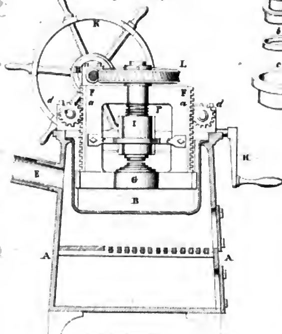


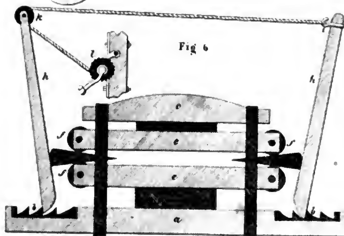






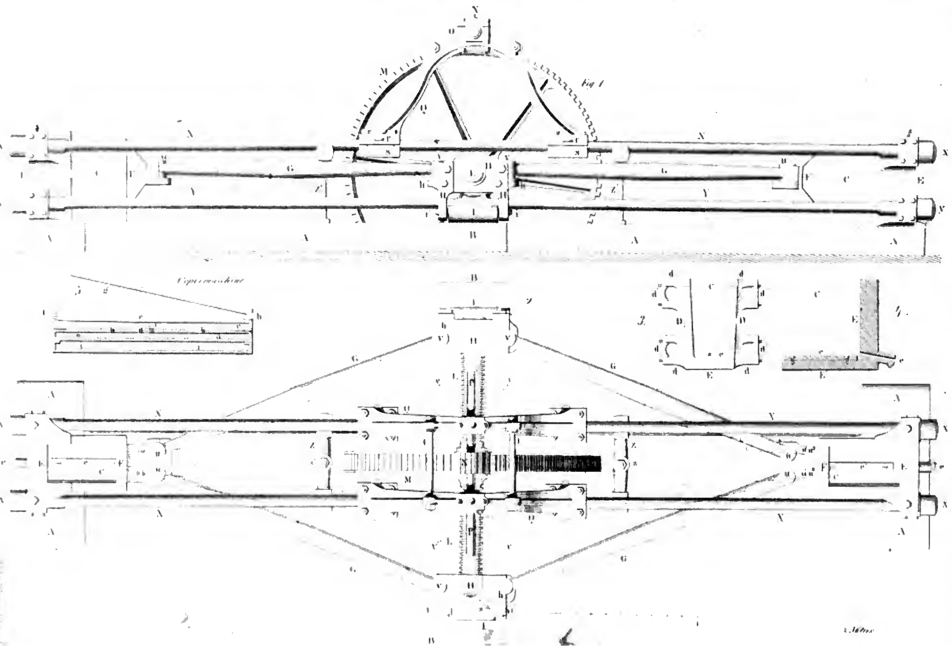




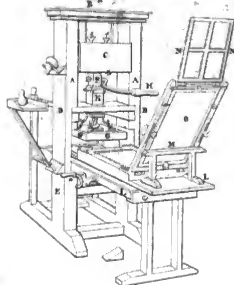


Lith. Anstalt v. J. Lehnhardt in Mainz

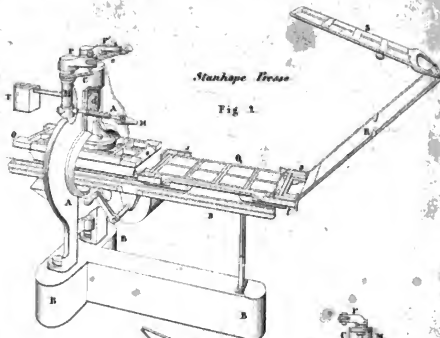
KNIEHEBELPRESSE.



Gewöhnliche Presse
Fig. 1



Stanhope Presse
Fig. 2



Banknoten Presse
Fig. 6.

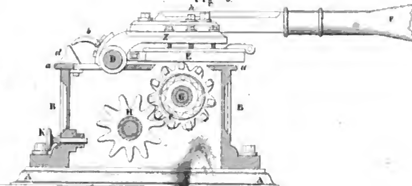
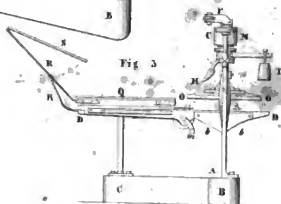


Fig. 3



Ruthven's Presse
Fig. 5.

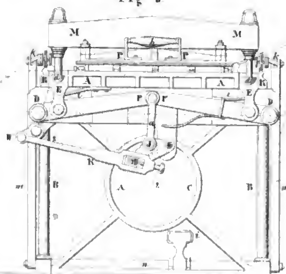
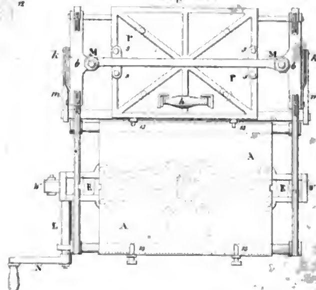
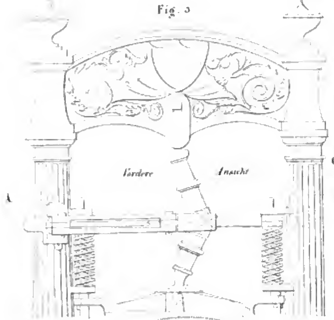


Fig. 4

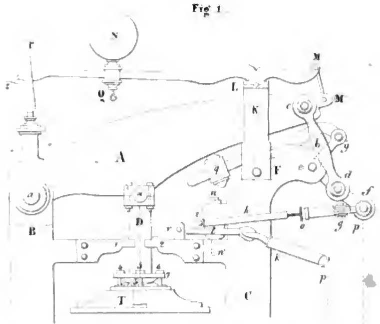


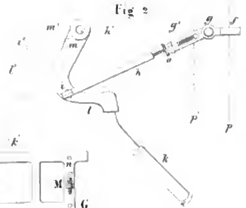
Lith. Anst. v. J. Lehnhardt in Mainz

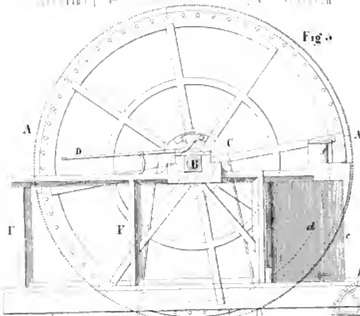
Hagar Presse

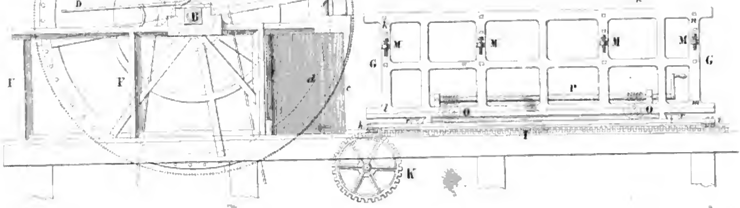












Lith Anst v J Lehnhardt in Mainz

BUCHDRUCKER-MASCHINEN
von
COWPER & APPLEGATH

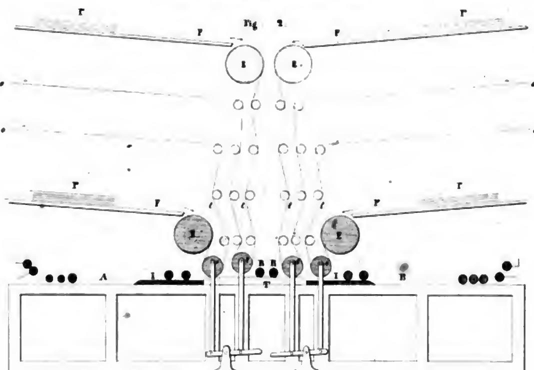


Fig. 3.

Fig. 1.

Lith. Anst. v. J. Lehnhardt in Mainz

2

3

Nicholson's Maschine für gewöhnliche Typen

Nicholson's Maschine für gebogene Typen

6

Donkin und Bacon's Masch. für Typen

4

König's einfache Maschine zur Bedruckung von einer Seite

5

König's doppelte Maschine zur Bedruckung von beiden Seiten

7

Cowper's einf. Maschine für gekrümmte Stereotypplatten

8

Cowper's Maschine um beide Seiten zu bedrucken.

1

Cowper's Einschwärz-Tisch u. Walze

9

Applegath u. Cowper's einf. Masch.

10

Applegath u. Cowper's doppelte Masch.

11

Kupferdruck Presse

14

Lithographische Presse

15

Perkin's Kupferdruck Presse

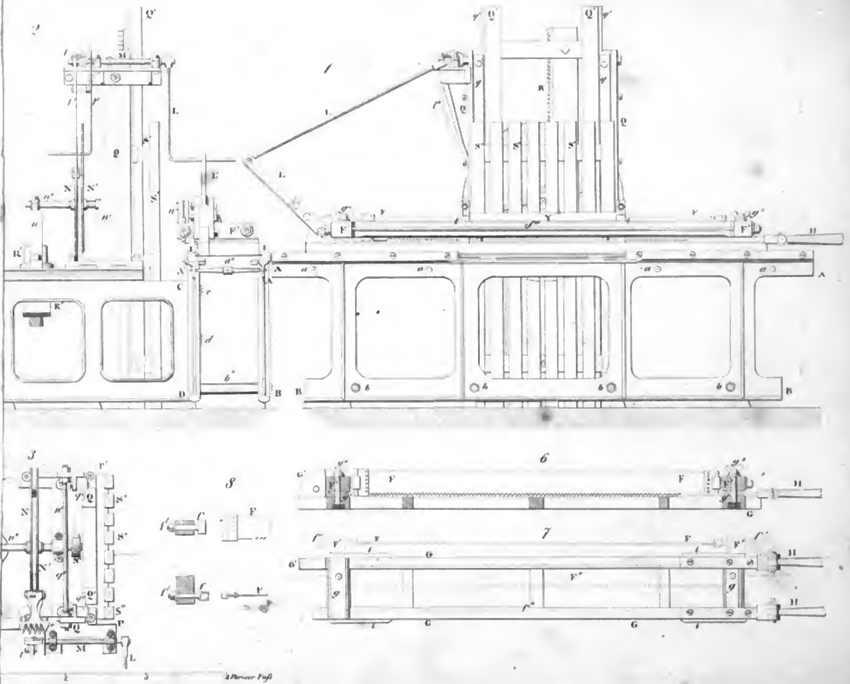
12

13

Perkin's cylindrische Stahl und Kupferdruckpresse

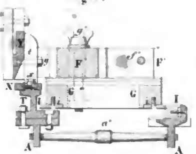
Lith. Anst. von M. Frommann Darmstadt

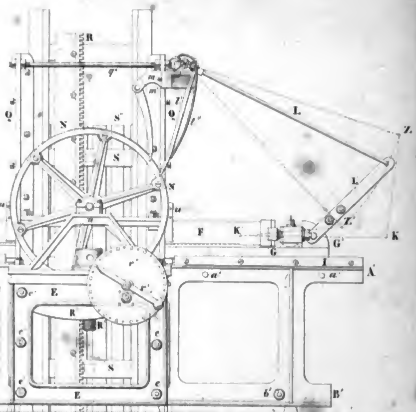
FURNIERSCHNEIDMASCHINE.

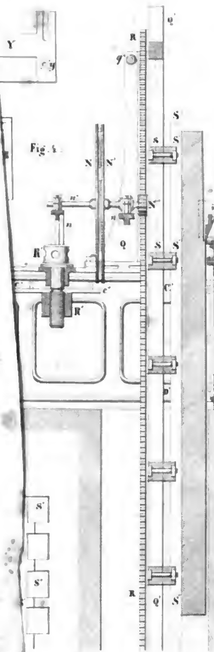


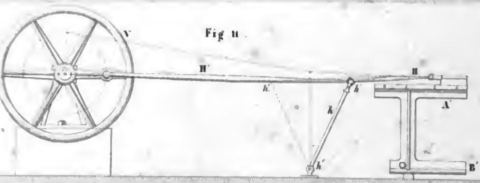
FURNIERSCHNEID MASCHINE

12.


Fig. 9.


Fig. 5.

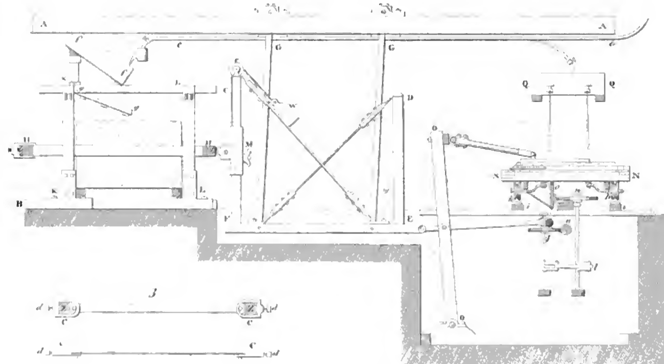

Fig. 4.

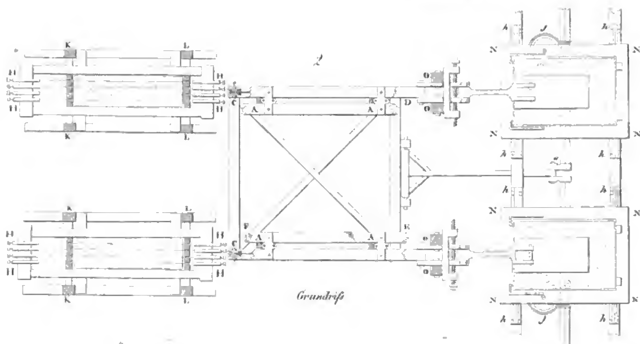

Fig. 11.

Decameter

Lith Anst v J Lehnhardt in Mainz

Aufriss



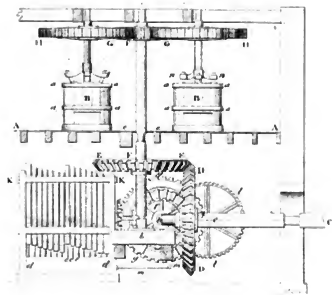


Lith. Anst. v. M. Frommann in Darmstadt

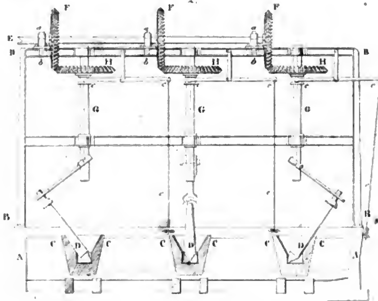
TABACKMÜHLEN.

Schnupftabackmühlen.

1.



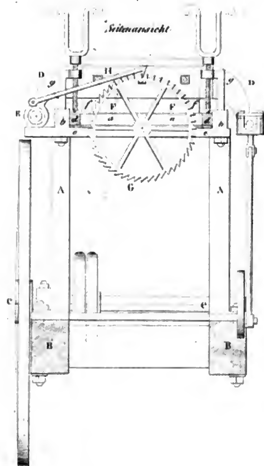
2.



Tabackschneidmaschine.

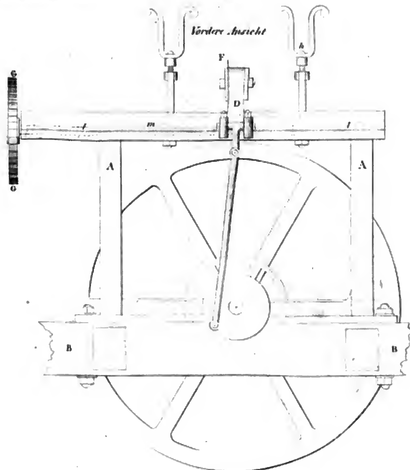
3.

Seitenansicht.



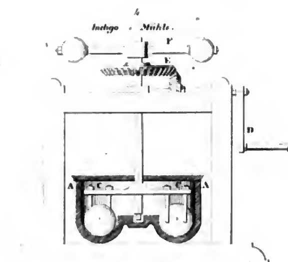
4.

Vordere Ansicht.

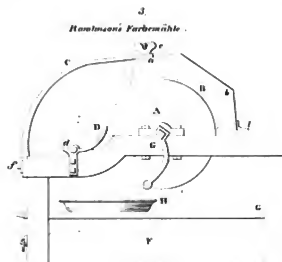


Lith. Anst. v. M. Frommann.

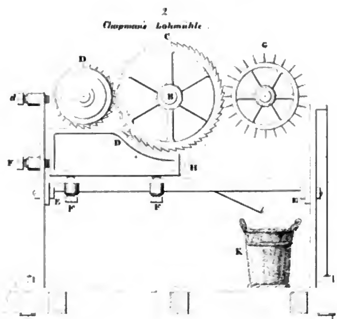
4.
Indigo - Mühle.



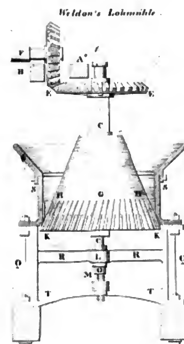
3.
Rawlinson's Farbemühle.



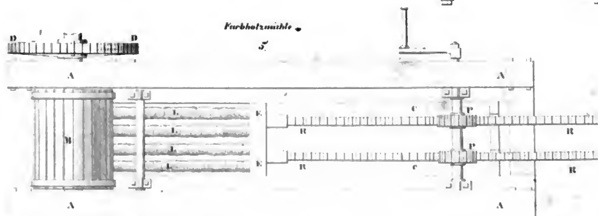
2.
Chapman's Lohmühle.



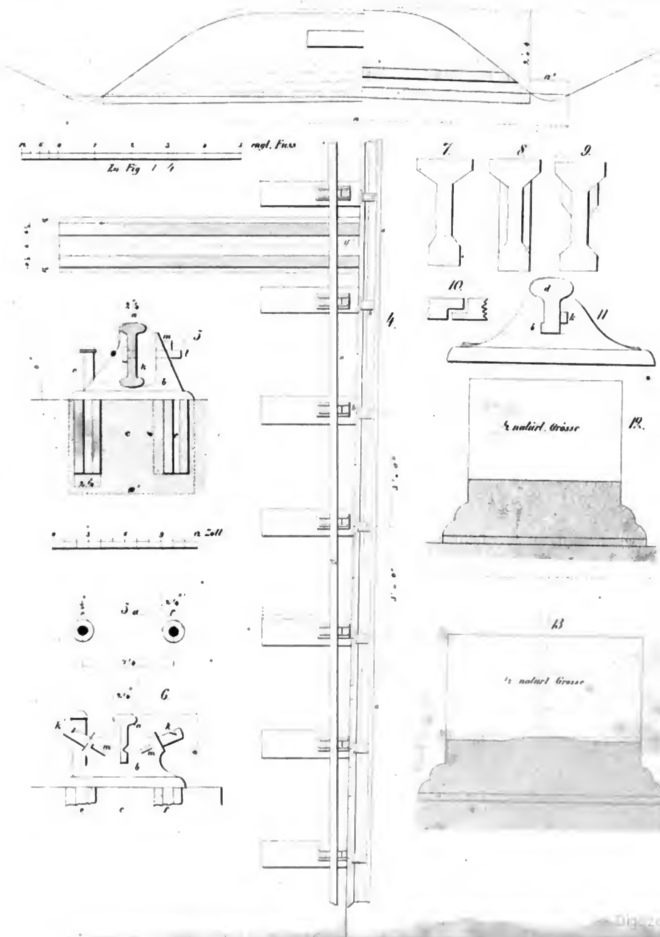
Weldon's Lohmühle.



Farbholzmühle.
5.



Lith. Anst. v. M. Freymann Druck


engl. Fuss
Zu Fig. 1–4
Zoll
½ natürl. Grösse
½ natürl. Grösse

1

5

6

Maasstab zu Fig. 5 u. 6

7

2.

8.

9.

Höhe des Bodens

Fundament-stein

Fundament-stein

3.

Normal Stein von 300' zu 300'

12.

4.

13.

14.

15.

10.

1,44 Meter

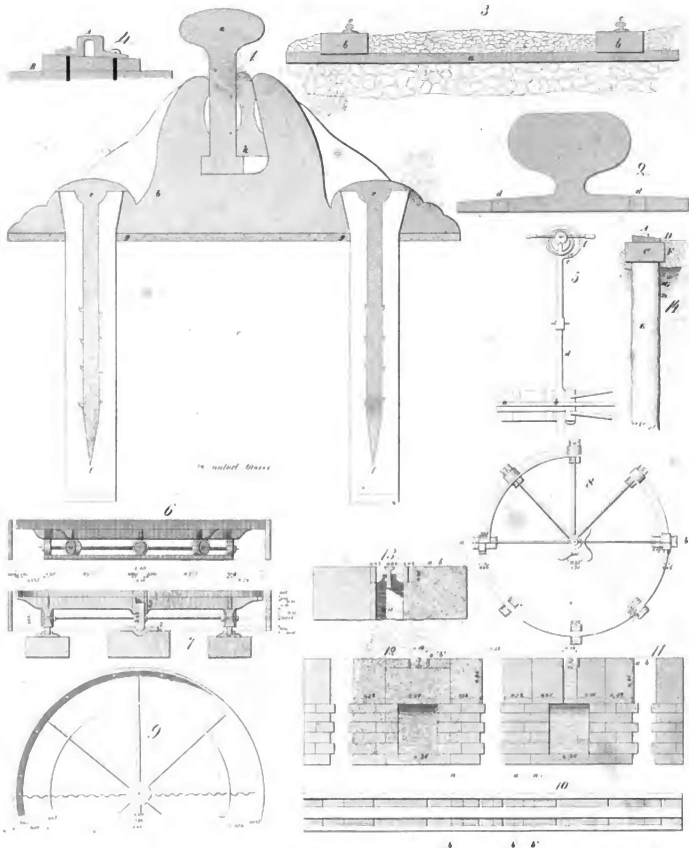
11.

16.

17.

18.

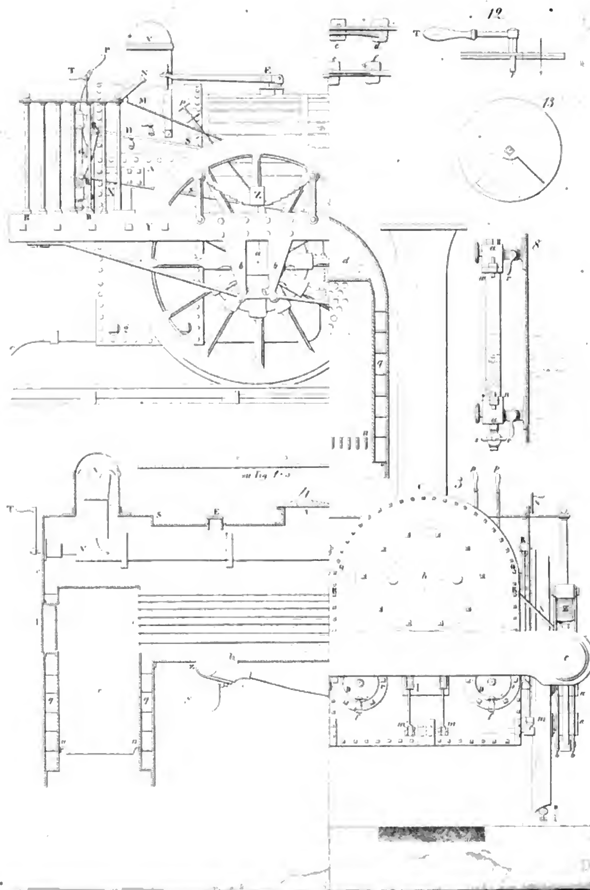
Lith. Anst. v. M. Frommann



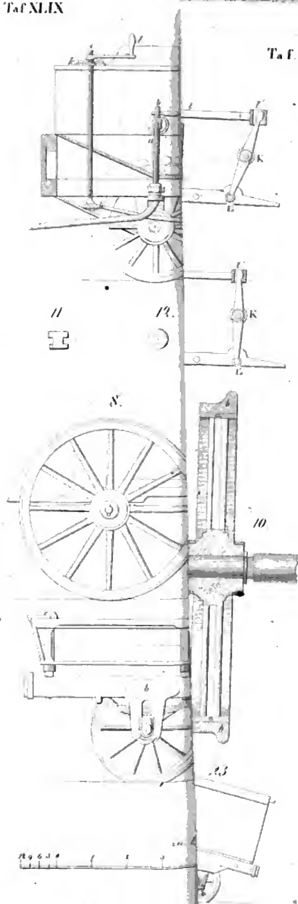
Lith. Anst. v. M. Fornmann in Darmstadt

Taf. XLVII.

Taf. XLVIII.



Taf XLIX



Taf. L.



